

AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE SANEAMENTO CONVENCIONAL E ECOLÓGICO EM UM MUNICÍPIO DE SANTA CATARINA

Laís Tommasi Marcon

LAÍS TOMMASI MARCON

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE
SANEAMENTO CONVENCIONAL
E ECOLÓGICO EM UM MUNICÍPIO DE SANTA CATARINA**

Trabalho apresentado à
Universidade Federal de Santa
Catarina para a Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Elisa
Magri

FLORIANÓPOLIS
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Marcon, Laís Tommasi

Avaliação ambiental e econômica de sistemas de saneamento convencional e ecológico em um município de Santa Catarina / Laís Tommasi Marcon ; orientador, Maria Elisa Magri, 2018.
110 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Saneamento Centralizado. 3. Saneamento Ecológico. 4. Impacto Ambiental. 5. Análise Econômica. I. Magri, Maria Elisa . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE
SANEAMENTO CONVENCIONAL E ECOLÓGICO EM UM
MUNICÍPIO DE SANTA CATARINA**


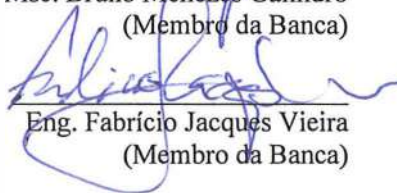
LAÍS TOMMASI MARCON

Trabalho apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para a Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

BANCA EXAMINADORA:



Prof.^a Dr.^a Maria Elisa Magri
(Orientadora)


Bio. Msc. Bruno Menezes Galindro
(Membro da Banca)
Eng. Fabrício Jacques Vieira
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JUNHO/2018

Dedico este trabalho aos meus pais, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha existência, saúde e coragem durante esta caminhada;

Aos meus queridos pais e irmão, pelo amor, incentivo e imensa confiança que depositaram ao longo de minha vida estudantil;

Aos meus amigos, por todo carinho, amparo e compreensão;

Aos meus colegas, por tornarem mais prazerosa a vida universitária;

Ao corpo docente do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e, em especial, à minha orientadora, Maria Elisa Magri, por todo empenho e sabedoria compartilhada;

E, por fim, a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para minha formação.

Muito obrigada!

RESUMO

O saneamento básico é o conjunto de medidas que objetiva prevenir doenças, promover a saúde, facilitar a atividade econômica e melhorar a qualidade de vida e a produtividade da população. No entanto, a situação do saneamento no Brasil continua sendo um dos problemas mais desafiadores para as próximas décadas, principalmente quando se refere ao esgotamento sanitário. O sistema centralizado tradicional, predominante na sociedade atual, considera os subprodutos das atividades cotidianas como resíduos, baseando-se na lógica do afastamento e da transferência de responsabilidade. Além disso, o referido sistema exige alto investimento, tanto em sua construção quanto em sua operação e manutenção. Assim, torna-se relevante o debate sobre a utilização de soluções alternativas de saneamento. Dessa forma, o presente trabalho propôs um sistema de esgotamento sanitário ecológico focado na valorização de recursos e o comparou com o projeto de esgotamento sanitário centralizado já existente, em Jacinto Machado/SC, a fim de identificar, dentre eles, o sistema mais adequado ao município. Para tal, por meio de consulta literária e cálculos aplicados à população urbana em estudo, estimou-se o potencial agrônomo das excretas humanas para produção de biofertilizantes, de modo a avaliar o retorno econômico proveniente do reaproveitamento de dejetos humanos do sistema ecológico. Ademais, quantificou-se os potenciais impactos ambientais dos mesmos por meio de uma matriz de interações mensurada por especialistas da área. Posteriormente, os lucros e os custos relacionados à implantação, operação e manutenção de ambas alternativas foram levantados mediante revisão bibliográfica e pesquisa de preço no mercado. Por fim, calcularam-se dois indicadores econômicos: Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno. Como resultado, apesar de ambos os sistemas se mostrarem viáveis, o saneamento ecológico proposto revelou-se como a solução mais adequada do ponto de vista ambiental e econômico-financeira.

Palavras-chave: Saneamento Centralizado, Saneamento Ecológico, Impacto Ambiental, Análise Econômica.

ABSTRACT

Basic sanitation is the set of measures that aims to prevent diseases, promote health, facilitate economic activity and improve the population's quality of life and productivity. However, the sanitary situation in Brazil still remains as one of the most challenging problems for the next decades, especially in terms of sanitary sewage. The traditional centralized system, predominant in today's society, regards the by-products of daily activities such as waste, based on the idea of distancing and transferring responsibility. In addition, this system requires high investment in its construction, operation and maintenance. Thus, the debate on alternative solutions for sanitation becomes relevant. In this context, the present work proposed an ecological sanitary sewage system - focused on the valuing of resources - and it compared it with the current centralized sewage sanitation project in Jacinto Machado/SC, in order to identify the most appropriate system for the municipality. For this purpose, the agronomic potential of human excreta for the production of biofertilizers was estimated by research on review of literature and calculations applied to the urban population under study to evaluate the economic benefits concerning the reuse of human waste from the ecological system. Furthermore, their potential environmental impacts were quantified through a matrix of interactions measured by experts from its area. Finally, the costs related to the implementation, operation and maintenance of both alternatives were surveyed through bibliographic review and market price research for the subsequent calculation of two economic indicators: Net Present Value and Internal Rate of Return. As a result, although both systems proved to be feasible in environmental and economic point of view, the ecological alternative was the most suitable one.

Keywords: Centralized Sanitation, Ecological Sanitation, Environmental Impact, Economic Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Constituintes do sistema de esgotamento sanitário convencional.	28
Figura 2 - (a) Ciclo tradicional dos dejetos humanos; (b) Ciclo orgânico fechado.	34
Figura 3 - Consumo aparente de nitrogênio no Brasil.	44
Figura 4 - Consumo aparente de fósforo no Brasil.	44
Figura 5 - Consumo aparente de potássio no Brasil.	45
Figura 6 - Exemplificação da Matriz de <i>Leopold</i>	49
Figura 7 - Mapa de localização de Jacinto Machado.	53
Figura 8 - Diagrama da ETE projetada para Jacinto Machado.	55
Figura 9 - Croqui de um BSVS.	67
Figura 10 - Área urbana de Jacinto Machado separada em setores.	68
Figura 11 - Quantificação dos impactos de ambas as concepções segundo especialistas.	70
Figura 12 - Quantificação do impacto total de ambas as concepções segundo especialistas.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situação de esgotamento sanitário no Brasil.....	30
Tabela 2 - Situação de esgotamento sanitário na Região Sul.	31
Tabela 3 - Destinações do efluente em Santa Catarina.	31
Tabela 4 - Destinações do efluente em Jacinto Machado.....	32
Tabela 5 - Carga de nutrientes produzida ao ano por uma pessoa adulta.....	35
Tabela 6 - Volumes de água utilizados por diferentes tipos de vasos sanitários quanto ao tipo de descarga.	36
Tabela 7 - Diretrizes suecas quanto ao tempo de armazenamento da urina..	40
Tabela 8 - Classificação dos nutrientes.	43
Tabela 9 - Consumo de nutrientes por região.....	45
Tabela 10 - Consumo aparente de fertilizante no Brasil.	46
Tabela 11 - Dados populacionais de Jacinto Machado.	54
Tabela 12 - População de projeto por etapa de implantação.	55
Tabela 13 - Classificação dos atributos.....	60
Tabela 14 - Quadro tarifário do consumo de água.	61
Tabela 15 - Produção anual de dejetos humanos.....	65
Tabela 16 - Carga de nutrientes anual encontrada nos dejetos humanos.....	65
Tabela 17 - Porcentagem de nutrientes encontrada nos dejetos humanos.....	66
Tabela 18 - Porcentagem de nutrientes encontrada nos esterco.....	66
Tabela 19 - Quantidade de aditivos requerida anualmente para tratamento alcalino das fezes.....	69
Tabela 20 – Beneficiamento bruto anual proveniente da cobrança de tarifa de esgoto.	72
Tabela 21 – Custo de instalação apresentado no projeto executivo.	72
Tabela 22 - Custo anual de manutenção e desobstrução da rede coletora.....	73
Tabela 23 - Custo anual com energia elétrica das EEs.....	73
Tabela 24 - Beneficiamento bruto anual proveniente da venda dos biofertilizantes.....	73
Tabela 25 - Custo de construção do galpão industrial e garagem.	74
Tabela 26 – Custo de veículos e acessórios.....	74
Tabela 27 - Custo de materiais de escritório.	74
Tabela 28 - Custo de equipamentos de laboratório.	75

Tabela 29 - Custo anual de operação e manutenção do veículo transportador.....	76
Tabela 30 – Custo anual de aditivos para tratamento alcalino das fezes.....	76
Tabela 31 – Consumo anual de energia elétrica.	77
Tabela 32 - Consumo anual de água.....	77
Tabela 33 - Resumo dos custos e benefícios de ambas as concepções..	77
Tabela 34 - Cálculo de VPL e TIR para ambas as concepções.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA - Avaliação dos Impactos Ambientais
ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos
BNH - Banco Nacional de Habitação
BSVS – Banheiro Seco com Vaso Separador
CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento
CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
ECOSAN – Saneamento Ecológico
EE – Estação Elevatória
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETE – Estação de Tratamento de Efluente
FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFA – *Internation Fertilizer Industry Association*
IPNI – *International Plant Nutrition Institute*
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NBR – Norma Brasileira
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PIB – Produto Interno Bruto
PLANASA - Plano Nacional de Saneamento
PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico
RALF - Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado
SAMAÉ – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SEOPE – Setor de Operação
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário
SFS - Sistema Financeiro do Saneamento
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIR – Taxa Interna de Retorno
UNEP – *United Nations Environment Programme*
VPL – Valor Presente Líquido
WHO – *World Health Organization*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	OBJETIVO GERAL.....	25
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
3.1	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	27
3.1.1	Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado.....	27
3.1.2	Situação de Esgotamento Sanitário no Brasil.....	30
3.1.3	Situação de Esgotamento Sanitário em Santa Catarina	31
3.1.4	Situação de Esgotamento Sanitário em Jacinto Machado.....	32
3.2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ECOLÓGICO	33
3.2.1	Caracterização quali-quantitativa das excretas	34
3.2.2	Tecnologias de segregação	35
3.2.3	Aspecto sanitário	37
3.2.4	Tratamento das fezes humanas	38
3.2.5	Tratamento da urina humana	40
3.2.6	Reúso das excretas.....	42
3.3	FERTILIZANTES	42
3.3.1	Classificação dos nutrientes.....	42
3.3.2	Produção e consumo.....	43
3.4	IMPACTO AMBIENTAL.....	46
3.4.1	Métodos espontâneos.....	47
3.4.2	Listagens de controle.....	48
3.4.3	Matrizes de interações	48
3.4.4	Redes de interações	49

3.5	INDICADORES ECONÔMICOS	50
3.5.1	Valor Presente Líquido (VPL)	50
3.5.2	Taxa Interna de Retorno (TIR)	51
4	METODOLOGIA	53
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	53
4.1.1	Localização	53
4.1.2	Dados demográficos	54
4.1.3	Atividade econômica	54
4.2	PROJETO EXECUTIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO CENTRALIZADO.....	54
4.3	AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	55
4.4	ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	61
4.4.1	Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado	61
4.4.2	Sistema de Esgotamento Sanitário ecológico.....	62
4.4.3	Indicadores econômicos.....	64
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
5.1	CENÁRIO PROPOSTO PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO ECOLÓGICO	65
5.1.1	População atendida.....	65
5.1.2	Geração e potencial agrônômico das excretas	65
5.1.3	Tecnologia de segregação	66
5.1.4	Armazenamento, coleta e transporte	67
5.1.5	Destinação e tratamento	69
5.2	AValiação DO IMPACTO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	69
5.3	ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	72

5.3.1	Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado.....	72
5.3.2	Sistema de Esgotamento Sanitário ecológico	73
5.3.3	Indicadores econômicos	77
6	CONCLUSÃO	79
7	RECOMENDAÇÕES	81
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	APÊNDICE A – Itinerário do veículo transportador para coleta de excretas.....	97
	APÊNDICE B – Matriz de impacto ambiental.....	102
	APÊNDICE C – Custo pessoal do sistema de esgotamento sanitário ecológico	104
	ANEXO A - Agentes patogênicos possíveis de serem encontrados nas fezes	108

1 INTRODUÇÃO

Como ramo das ciências, o saneamento compreende as medidas necessárias ao controle do ambiente físico para promover e assegurar condições de saúde, de bem-estar e de segurança para as populações (RAVADELLI, 2004). No entanto, a situação do saneamento no Brasil continua sendo um dos problemas mais desafiadores para as próximas décadas (PHILIPPI, 2000).

Constata-se que o paradigma técnico do saneamento foi tradicionalmente voltado para sistemas centralizados. As águas residuárias são encaminhadas para Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) com grande capacidade, por meio de uma extensa rede de coleta, a fim de permitir ganhos operacionais à medida que se incorporam mais usuários à rede (SANTOS et al., 2015). Todavia, tais técnicas exigem alto investimento, tanto em sua construção quanto em sua operação e manutenção (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009). Além disso, o modelo de saneamento predominante na sociedade (centralizado e de “fim de tubo”) considera os subprodutos das atividades cotidianas como resíduos, baseando-se na lógica do afastamento e da transferência de responsabilidade (PHILIPPI; OLIJNYK; MAGRI, 2007).

Nesse contexto, as pesquisas acerca de métodos alternativos de saneamento surgiram como uma necessidade de mudança de comportamento frente às ações humanas de base insustentável. Como uma das medidas para a melhoria deste cenário, a aplicação do modelo de saneamento ecológico mostra-se bastante adequada (MAGRI, 2013).

O saneamento ecológico (Ecosan), também conhecido como saneamento focado em recursos, segue a ideia de separar as diferentes formas de esgotos em suas origens com o objetivo de valorizá-los (NOUR et al., 2006). Pouco tempo atrás, o reúso das excretas humanas como fertilizante era uma prática de muitas culturas (MAGRI, 2013). A novidade, de fato, é a separação de urina e fezes humanas, já que possuem características diferentes e o tratamento individual possibilita formas mais eficientes de reaproveitamento (ESREY et al., 2001).

Muito embora Jacinto Machado/SC já apresente um projeto executivo de esgotamento sanitário centralizado, este trabalho propõe um sistema sanitário ecológico ao município, onde a urina e as fezes humanas são segregadas e coletadas para recuperação de seus nutrientes na produção de biofertilizante.

Diante do cenário exposto, o estudo em questão tem o objetivo de avaliar ambos os sistemas de esgotamento sanitário - o convencional com

rede de esgoto e o ecológico com valorização de recursos – em Jacinto Machado, a fim de identificar, dentre eles, o sistema mais adequado ao município em termos de impacto ambiental e viabilidade econômica.

Vale ressaltar, por fim, que o município escolhido representa um perfil semelhante a 56,3% dos municípios catarinenses que possuem menos de 10 mil habitantes (IBGE, 2017), além de ter a agroindústria como principal atividade econômica. Dessa forma, o presente trabalho torna-se relevante tanto por sua abrangência quanto por sua essência.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar duas concepções de sistemas de esgotamento sanitário - o convencional com rede de esgoto e o ecológico com valorização de recursos – para o município de Jacinto Machado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar a concepção de um sistema de saneamento ecológico para o município de Jacinto Machado, como alternativa ao sistema convencional centralizado com rede coletora e ETE;
- b) Quantificar os potenciais impactos ambientais dos sistemas de saneamento convencional e ecológico no município de Jacinto Machado;
- c) Estimar os lucros e as despesas relacionadas à implantação, operação e manutenção dos sistemas de saneamento convencional e ecológico no município de Jacinto Machado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

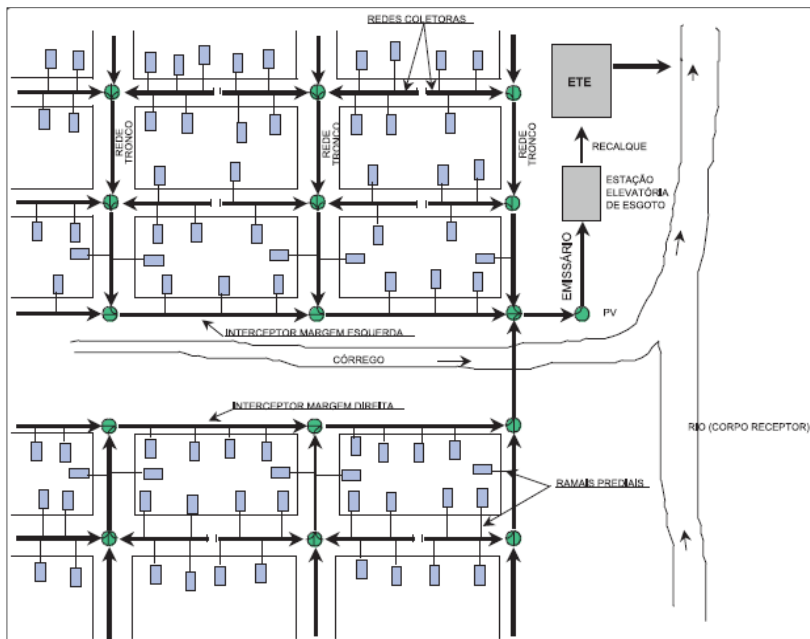
Os serviços de saneamento básico abrangem o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, bem como a drenagem de águas pluviais e a coleta e o tratamento de resíduos sólidos (DANTAS et al., 2012). Pode-se dizer, então, que saneamento básico é o conjunto de medidas que objetiva prevenir doenças, promover a saúde, facilitar a atividade econômica e melhorar a qualidade de vida e a produtividade da população (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

3.1.1 Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), quando realizado convencionalmente, é caracterizado pelo conjunto de obras e instalações destinado à coleta, afastamento, condicionamento e disposição final do esgoto sanitário de uma comunidade, de forma contínua e higienicamente segura, sem riscos para a saúde (RAVADELLI, 2004). Também conhecido como sistema dinâmico ou coletivo, o SES centralizado é ideal para grandes centros urbanos com alta densidade populacional (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZU, 2012).

As partes constituintes do SES convencional são demonstradas na Figura 1 e explicadas posteriormente.

Figura 1 - Constituintes do sistema de esgotamento sanitário convencional.



Fonte: FUNASA (2007).

3.1.1.1 Rede coletora

Ravadelli (2004) divide e conceitua as partes da rede coletora como consta a seguir.

- Ramal predial: transporta os esgotos do limite do terreno até a rede pública de coleta;
- Coletor secundário: recebe as contribuições de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto de seu comprimento;
- Coletor tronco: recebe apenas contribuição de esgoto dos coletores secundários, conduzindo-o a um interceptor ou emissário;
- Órgão acessório: dispositivos instalados nos pontos singulares da rede para evitar ou minimizar os entupimentos;
- Interceptor: conduto livre que não recebe ligações prediais diretamente em sua extensão, apenas coletores troncos;

- Emissário: difere-se dos interceptores por não receber contribuição ao longo do percurso, ou seja, recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante;
- Sifão invertido e passagem forçada: destina-se à transposição de obstáculos pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.

3.1.1.2 Estação Elevatória (EE)

As canalizações da rede coletora de esgoto são projetadas com uma declividade que garanta a manutenção de velocidade de escoamento no interior dos condutos por gravidade. No entanto, tal medida implica em um acréscimo contínuo no decaimento ao longo de cada trecho de canalização, de montante para jusante (NUVOLARI, 2011). Assim, quando a profundidade das tubulações se torna demasiadamente elevada, faz-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado.

Nesse contexto, a Estação Elevatória (EE) é definida como o conjunto de instalações de bombeamento com intuito de transferir os esgotos de uma cota baixa a uma cota mais elevada, pela introdução de energia na massa líquida (RAVADELLI, 2004).

3.1.1.3 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A ETE é destinada à depuração dos esgotos. O nível de tratamento dependerá das características do esgoto a tratar e das necessidades de qualidade final do efluente. A remoção dos poluentes é usualmente classificada, segundo von Sperling (1996), por:

- Tratamento preliminar: destina-se, principalmente, à remoção de sólidos grosseiros e areia, utilizando mecanismos físicos, como peneiramento e sedimentação;
- Tratamento primário: propõe à remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes;
- Tratamento secundário: visa a remoção da matéria orgânica dissolvida e matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada, em grande parte removida no tratamento primário, mas cujos sólidos de decantabilidade mais lenta persistem na massa líquida);

- Tratamento terciário: remove poluentes específicos (usualmente tóxicos ou não biodegradáveis), bem como aqueles que não foram suficientemente removidos nas etapas anteriores.

3.1.1.4 Disposição final

Após tratamento adequado, o esgoto pode ser lançado ao corpo d’água receptor ou, eventualmente, aplicado no solo.

3.1.2 Situação de Esgotamento Sanitário no Brasil

No Brasil, a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1964, representou o começo do padrão de intervenção centralizado nos serviços de saneamento e habitação (MARICATO, 1987; LUCENA, 2006). A partir daí, houve um intenso desenvolvimento do setor no país, elevando as taxas de abastecimento de água e de coleta de esgotos em, respectivamente, 43% e 122% (ABICALIL, 1998 apud DANTAS et al., 2012), graças à implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e do Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), ambos geridos pelo extinto BNH.

Outro marco importante na história do saneamento no Brasil foi a aprovação, em 2007, da Lei Federal nº 11.445, que apresenta a universalização dos serviços públicos de saneamento como um de seus princípios básicos. De acordo com o Ministério das Cidades (2013), o custo para universalizar o acesso aos serviços de água, esgoto, drenagem e resíduos é de R\$ 508 bilhões, no período de 2014 a 2033. O Governo Federal, por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), já destinou recursos da ordem de R\$ 70 bilhões em obras ligadas ao saneamento básico até 2016.

Ainda assim, a situação do saneamento no Brasil está muito aquém do ideal, especialmente em relação à coleta e ao tratamento do esgoto sanitário, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Situação de esgotamento sanitário no Brasil.

Índice de atendimento com rede de esgoto		Índice de tratamento de esgoto	
População total (%)	População urbana (%)	Esgoto coletado (%)	Esgoto gerado (%)
49,8	57,6	40,8	70,9

Fonte: SNIS (2016).

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2016), em 2014, apenas 49,8% da população brasileira havia acesso à rede coletora de esgoto. Pelos dados apresentados, percebe-se que, se a coleta do esgoto é um serviço pouco difundido no território brasileiro, seu tratamento é ainda mais incomum.

3.1.3 Situação de Esgotamento Sanitário em Santa Catarina

Os índices de atendimento à rede coletora e ao tratamento de esgotos dos Estados da Região Sul, bem como as destinações do efluente doméstico em Santa Catarina, são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, em relação ao ano de 2010.

Tabela 2 - Situação de esgotamento sanitário na Região Sul.

Estado	Índice de atendimento com rede de esgoto		Índice de tratamento de esgoto	
	População total (%)	População urbana (%)	Esgoto coletado (%)	Esgoto gerado (%)
Santa Catarina	15,5	18,3	98,7	19,5
Rio Grande do Sul	25,4	29,2	40,7	14,1
Paraná	52,8	61,5	98,2	59,8
Região Sul	34,3	39,9	78,6	33,4

Fonte: SNIS (2012).

Tabela 3 - Destinações do efluente em Santa Catarina.

Indicadores de Saneamento Básico	Domicílios	% relativa
Rede geral de esgoto ou pluvial	579.576	29,1
Tanque séptico	947.168	47,5
Tanque rudimentar	384.013	19,3
Vala	44.168	2,2
Rio ou lago	24.524	1,2
Outro escoadouro	7.887	0,4
Sem banheiro ou sanitário	5.761	0,3
Total	1.993.097	100

Fonte: IBGE (2010).

Ao analisar a Tabela 2, nota-se que a pouca atenção dada à questão do esgotamento sanitário em nível nacional é evidente na Região Sul pois, apesar de apresentar um dos maiores PIBs do Brasil, defronta-se com aproximadamente 66% da população sem rede coletora. Tratando-

se de Santa Catarina, o quadro é ainda mais preocupante: apenas 15,5% dos habitantes foram atendidos com rede de coleta de esgoto em 2010.

Em contrapartida, pela Tabela 3, conclui-se que, no mesmo ano, a grande maioria dos domicílios catarinenses destinavam seus efluentes domésticos ao tanque séptico. Tal alternativa pode não suprir as necessidades ambientais, porém, reduz o impacto resultante dos descartes diretos ao ambiente, o que justifica sua aplicação em regiões descentralizadas (SANTOS et al., 2015).

3.1.4 Situação de Esgotamento Sanitário em Jacinto Machado

Jacinto Machado possui 10.609 habitantes (IBGE, 2010) e está localizada na Região Sul do Estado de Santa Catarina.

No referido município, a gestão do saneamento é realizada pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMA E). No que se refere ao sistema de esgotamento sanitário, apesar de já existir um projeto executivo, a cidade não apresenta um sistema coletivo. A Tabela 4 relaciona as diferentes destinações dos efluentes na cidade.

Tabela 4 - Destinações do efluente em Jacinto Machado.

Indicadores de Saneamento Básico	Domicílios	% relativa
Rede pluvial	9	0,3
Tanque séptico	2.233	74,5
Tanque rudimentar	473	15,8
Vala	178	5,9
Rio ou lago	29	1,0
Outro escoadouro	7	0,2
Sem banheiro ou sanitário	67	2,2
Total	2.996	100

Fonte: IBGE (2000).

Ao observar a Tabela 4, constata-se que a grande maioria das residências trata seu esgoto de maneira individual, por meio de tanques sépticos ou rudimentares, totalizando 90,3% dos domicílios. O restante despeja suas águas residuárias diretamente no solo ou nos corpos hídricos, sem nenhum tipo de tratamento. Dessa forma, evidencia-se a carência que o município apresenta em relação ao atendimento do saneamento básico e a necessidade de implantar um eficiente Sistema de Esgotamento Sanitário.

Em contrapartida, como ponto favorável, Jacinto Machado apresenta um Plano Diretor que prevê a elaboração do Plano Municipal

de Saneamento Básico (PMSB), bem como a implementação do sistema coletivo de coleta e tratamento de esgoto sanitário em sua área urbana.

3.2 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO ECOLÓGICO

De acordo com Otterpohl, Grottker e Lange (1997), os sistemas tradicionais de saneamento produzem um fluxo linear de materiais, resultando no acúmulo e mistura do ciclo da água com o ciclo de alimentos. Esse sistema adota a premissa de que os nutrientes eliminados nas excretas humanas não possuem valor significativo e, dessa forma, devem ser descartados (ESREY et al., 1998). Como consequência, um grande volume de água é utilizado nas redes coletoras para o transporte de pequenas substâncias potencialmente prejudiciais (REBOUÇAS, 2010).

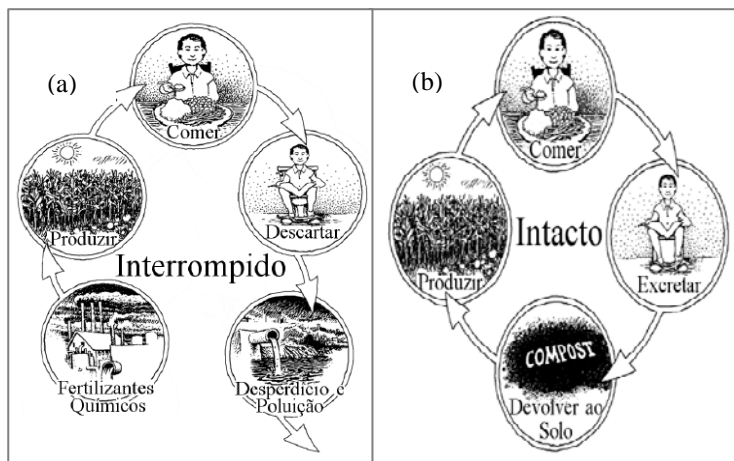
Somado a esses pontos, de acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentos (FAO, 2014), 805 milhões de pessoas no mundo são diretamente afetadas pela falta de alimentos. A crise dos alimentos ocorre, principalmente, em consequência do aumento da demanda por fertilizantes, aliado à questão do desperdício, má distribuição e infertilidade dos solos (MAGRI et al., 2015).

Assim, tem-se investido em uma nova abordagem em relação à questão do saneamento nas últimas décadas. Nesse sentido, o saneamento ecológico, ou saneamento focado em recursos, destaca-se como um caminho alternativo para conter as inconveniências dos sistemas coletivos (ZANCHETA, 2007).

O saneamento ecológico (Ecosan) refere-se a sistemas baseados nos caminhos naturais dos ecossistemas e no ciclo fechado de materiais. A excreta humana não é vista como um problema, mas um recurso que melhora a sustentabilidade da vida das pessoas envolvidas, além de permitir a recuperação completa dos nutrientes das águas residuárias domésticas e sua aplicação na agricultura (ZANCHETA, 2007).

Desta forma, o Ecosan contribui com a fertilidade dos solos, minimizando a poluição e o consumo de recursos hídricos (CANTUÁRIA; FORTE; SIMAAN, 2013). A Figura 2 apresenta o ciclo tradicional de descarte dos dejetos humanos e o ciclo de nutrientes fechado sustentado pelo Ecosan.

Figura 2 - (a) Ciclo tradicional dos dejetos humanos; (b) Ciclo orgânico fechado.



Fonte: Jenkins (2005).

O Ecosan, segundo Kramer (2011), baseia-se em três princípios: a prevenção da poluição (e não a tentativa de controle ou mitigação após o fato), a sanitização/higienização de urina e fezes e a utilização do material obtido para aumento da produção agrícola. Para tal, separa-se os diferentes tipos de efluentes domésticos de acordo com suas características.

Conforme Otterpohl (2001), o esgoto sanitário gerado nas residências pode ser segregado entre água negra, cinza, amarela e marrom. A primeira é proveniente dos vasos sanitários, incluindo urina, fezes e papel higiênico. A segunda, por sua vez, constitui-se de águas servidas de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque. Por fim, as águas amarela e marrom caracterizam-se somente pela urina e fezes, respectivamente.

3.2.1 Caracterização quali-quantitativa das excretas

O volume de urina excretado pelo corpo humano, segundo estudos realizados por Raunch et al. (2003), encontra-se em uma faixa entre 1,0 e 2,5 L. As oscilações se justificam pela quantidade de líquido ingerida e pelas perdas por transpiração. Considerando os dados médios obtidos no trabalho de Magri (2013), a produção anual de urina de uma pessoa adulta é de 549 L.

Do ponto de vista qualitativo, a urina humana apresenta altas concentrações de sais e nutrientes, como cloreto de sódio (NaCl), ureia [CO(NH₂)₂], cálcio (Ca), sulfatos (SO₄)⁻², fósforo (P) e potássio (K). Os dois últimos estão disponíveis como fosfatos (H₂PO₄ - ou HPO₄⁻²) e componente iônico (K⁺), respectivamente (NOUR et al., 2006). De modo geral, a urina contribui com 80% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio da carga de nutrientes encaminhada a uma ETE convencional (LARSEN et al., 2001).

Em se tratando das fezes, uma pessoa adulta produz, anualmente, cerca de 50 L (considerando-as como águas negras) ou 35 kg de fezes *in natura* (OTTERPOHL; GERMANY, 2000). Magri (2013) observou, em sua pesquisa no Brasil, que uma pessoa adulta defeca, em média, 128 g por dia. Dessa forma, a produção anual de fezes é de aproximadamente 47 kg, segundo a autora.

Na matéria fecal, o fósforo está presente em partículas de fosfato de cálcio (Ca₃(PO₄)₂), enquanto o potássio encontra-se, principalmente, na forma de íons dissolvidos (SILVA; WILLIAMS, 1997). Tanto o fósforo quanto o nitrogênio originam-se de matéria não digerida e necessitam ser degradados no solo para tornarem-se disponível para as plantas. Como resultado, a disponibilidade dos nutrientes contida nas fezes mostra-se inferior quando comparada à urina (NOUR et al., 2006). Em contrapartida, a matéria orgânica presente melhora a estrutura dos solos pobres e a capacidade de retenção de água (NOUR et al., 2006).

A Tabela 5 apresenta a carga estimada de nutrientes produzida ao ano por uma pessoa adulta, considerando a geração de 51 kg de fezes e 550 L de urina ao ano.

Tabela 5 - Carga de nutrientes produzida ao ano por uma pessoa adulta.

Nutriente	Urina (kg)	Fezes (kg)
Nitrogênio (N)	4,000	0,550
Fósforo (P)	0,365	0,183
Potássio (K)	1,000	0,365

Fonte: Vinnerås (2002).

3.2.2 Tecnologias de segregação

O sistema de saneamento ecológico possui como premissa o emprego de tecnologias que permitam a coleta das excretas humanas para valorização.

Os mictórios são bastante utilizados nos países orientais de cultura islâmica, muçulmana e budista, onde existem unidades que se

assemelham às tecnologias de saneamento ecológico. No Brasil, com exceção dos prédios públicos, tais dispositivos não são muito difundidos, haja vista que sua disseminação está relacionada à mudança de paradigmas e à difusão de sistemas ecológicos (MAGRI, 2013).

Outra alternativa é o uso de banheiros secos, que dispensam água para o descarte ou transporte das excretas. Normalmente, utiliza-se um material para cobrir as fezes após o uso do banheiro, variando conforme o tratamento a ser aplicado. Os banheiros secos podem, ainda, possuir vasos sanitários chamados segregadores (BSVS), os quais separam as fezes da urina humana. Tal compartimentação facilita o tratamento e a manipulação das fezes, que ficam menos úmidas, bem como potencializa a concentração de nutrientes na urina (MAGRI, 2013).

Smith (2015) realizou um diagnóstico da construção, uso e operação de 14 banheiros secos implantados no Brasil. O investimento da maioria deles, considerando materiais e mão de obra, variou entre R\$ 1.000,00 e R\$ 2.500,00. A princípio, os mesmos mostram-se mais adaptáveis às áreas rurais em função da logística envolvida com a disposição das excretas. No entanto, pesquisas vêm sendo realizadas no intuito de adaptá-los às áreas urbanas. Nessas, atualmente, tem-se implantado sistemas com vasos sanitários com baixos volumes de água de descarga (MAGRI, 2013).

A Tabela 6 apresenta a redução do consumo de água a partir da utilização de vasos sanitários convencionais com volume reduzido de descarga e vasos sanitários separadores.

Tabela 6 - Volumes de água utilizados por diferentes tipos de vasos sanitários quanto ao tipo de descarga.

Tipo de vaso sanitário	Descarga padrão (L/descarga)	Descarga longa para fezes (L/descarga)	Descarga pequena para urina (L/descarga)
Descarga convencional	6 a 12	-	-
Descarga com volume pequeno, com dois botões	-	4	2
Descarga com separador de urina	-	4 a 6	0,2
Descarga com volume muito pequeno	0,6 a 1,0	2	0,2

Fonte: Adaptado de Kujawa-Roeleveld e Zeeman (2006).

3.2.3 Aspecto sanitário

Segundo Schönning e Stenström (2004), a presença de organismos causadores de doenças na excreta humana é resultado da infecção dos indivíduos. Apesar de tais infecções não representarem uma condição natural, faz-se necessário conhecer suas potencialidades de causar danos à saúde (NOUR et al., 2006). Assim, a inativação de patógenos é considerada um fator limitante para o reúso de excretas em qualquer escala (MAGRI, 2013).

As infecções entéricas podem ser transmitidas por espécies patogênicas de bactérias, vírus, protozoários e helmintos. *Salmonella*, *Campylobacter* e *Escherichia coli* compõe o grupo de bactérias com maior importância sanitária. Os vírus mais comuns são os rotavírus, enterovírus e adenovírus. Dentre os protozoários, destacam-se *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*. Em se tratando de helmintos, os mais frequentes são os *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Ancylostoma* spp. (DEMENIGHI, 2012). A partir de uma perspectiva de risco, a exposição às fezes não tratadas é sempre considerada insegura. O Anexo A traz uma série de agentes patogênicos possíveis de serem encontrados nas fezes.

No que diz respeito às infecções do trato urinário, sua transmissão via meio ambiente é considerada pouco provável (NOUR et al., 2006). Salienta-se, no entanto, que a urina pode conter micropoluentes (resíduos de fármacos e hormônios) capazes de gerar sérios problemas, principalmente no meio aquático (MAGRI, 2013). Apesar disso, alguns pesquisadores acreditam que a aplicação da urina como fertilizante é um obstáculo contra a liberação direta do poluente nos corpos d'água, já que a maioria é degradada no próprio solo, por meio de processos físicos e biológicos (MAGRI, 2013). Segundo Nour et al. (2006), o principal risco de transmissão de doenças pelo uso e manejo de urina humana está associado à contaminação cruzada com as fezes.

Além disso, apenas uma pequena concentração de metais pesados é evidenciada nas excretas, não sendo considerada uma condição restrigente ao reúso de fezes e urina humana (VINNERÅS, 2002). Tais poluentes são geralmente encontrados em águas cinzas, em função dos produtos químicos associados à higiene e limpeza (MAGRI, 2013).

3.2.4 Tratamento das fezes humanas

Com o tratamento das fezes, busca-se a preparação de um material que seja estável em termos de atividade biológica e, principalmente, higienizado ou sanitizado para que seu reúso aconteça de forma segura (MAGRI, 2013). Estocagem, tratamento alcalino, incineração e compostagem estão entre os processos mais estudados.

3.2.4.1 Estocagem

A estocagem é a forma mais simples de tratamento para as fezes e resulta na redução de microrganismos patogênicos devido à morte natural (WHO, 2006). A redução da concentração dos organismos sofre influência direta da temperatura ambiente, pH, umidade e competição biológica (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004).

Tendo em vista que a dessecação do material em tratamento e a baixa umidade são os responsáveis pela inativação dos organismos patogênicos, a estocagem é mais eficiente em regiões de clima seco e quente. Em baixa umidade, resulta na destruição mais rápida dos patógenos (FEACHEM et al., 1983) e redução de odor e moscas (ESREY et al., 1998). Em locais onde a temperatura alcança 20°C, é desejado um tempo total de estocagem de um ano e meio a dois anos. Já em lugares de alta temperatura ambiente (até 35°C), para se obter o mesmo resultado, o período de estocagem é reduzido para um ano (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004).

Percebe-se, então, que a inativação dos patógenos por estocagem é geralmente lenta. Schönning e Stenström (2004) recomendam a aplicação de tal técnica com outras barreiras de segurança.

3.2.4.2 Tratamento alcalino

A adição de cinza ou cal no tratamento primário das fezes reduz o mau cheiro, o teor de umidade e a presença de moscas; melhora as condições estéticas e facilita a inativação de patógenos pela elevação do pH, diminuindo o risco de transmissão de doenças durante a manipulação e reutilização do material (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004).

A ureia, empregada no tratamento secundário da matéria fecal em escala municipal, é capaz de inativar os patógenos mediante aumento do pH e da concentração de amônia não ionizada (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004; MAGRI et al., 2015). A adição do referido produto

funciona como uma barreira adicional de tratamento e resulta em um nível de segurança mais elevado.

Vale ressaltar, também, que o uso de produtos químicos é recomendado para os substratos reutilizados como fertilizantes, pois são capazes de lhes adicionar valor agrônomo (VINNERÅS, 2002).

3.2.4.3 Incineração

Como a temperatura de trabalho alcançada na incineração é bastante elevada (aproximadamente 800°C), a exposição de curta duração mostra-se suficiente para inativar os organismos patogênicos que estejam presentes.

Embora o nitrogênio seja perdido com o gás durante a incineração (NIWAGABA et al., 2006; NIWAGABA, 2007), as cinzas podem ser um bom fertilizante por reterem fósforo e potássio. Instalações compactas, baixo risco de recrescimento de organismos patogênicos e boa qualidade de higienização são outras vantagens do referido tratamento. Como desvantagem, lista-se a exigência de uma fonte de geração de calor. Do ponto de vista ambiental, a incineração é frequentemente associada à emissões de poluentes atmosféricos (WHO, 2004).

3.2.4.4 Compostagem

A compostagem é um processo de decomposição aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica, resultantes de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de um produto final estável, sanitizado e rico em compostos húmicos (VALENTE et al., 2009). A higienização do substrato é função do tempo de exposição do mesmo e da elevação da temperatura durante o processo de fermentação (FERNANDES; SILVA, [2000]).

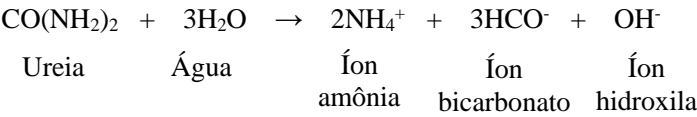
Para alcançar temperaturas suficientemente altas, faz-se necessário manter alimentação suficiente e composição adequada de matérias, a fim de inativar os patógenos de forma eficaz. Assim, a compostagem não é considerada na escolha para tratamento primário, mas uma opção de tratamento secundário em uma escala maior (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004).

3.2.5 Tratamento da urina humana

Diversas técnicas têm sido estudadas para tratamento das águas amarelas objetivando sua reciclagem na agricultura. Entre elas, constam a estocagem em reservatórios fechados, a evaporação da urina, a precipitação de cristais (estruvita) e o congelamento.

3.2.5.1 Estocagem

Por ser extremamente simples e não necessitar de grandes insumos, o armazenamento é a técnica mais utilizada para o tratamento da urina (BOTTO, 2013). Ao longo da estocagem, a ureia, mediada pela enzima urease, é transformada em amônia ionizada e íon bicarbonato, como mostra a reação abaixo. Como resultado, tem-se um aumento do pH, capaz de precipitar os cristais inorgânicos, além de propiciar a inativação de microrganismos (NOUR et al., 2006).



A Tabela 7 apresenta diretrizes suecas recomendadas quanto ao tempo de armazenamento da urina.

Tabela 7 - Diretrizes suecas quanto ao tempo de armazenamento da urina.

Temperatura de armazenamento (°C)	Tempo de armazenamento (mês)	Prováveis patógenos após armazenamento
4	≥1	Vírus, protozoários
4	≥6	Vírus
20	≥1	Vírus
20	≥6	Provavelmente nenhum

Fonte: Adaptado de Schöningg e Stenström (2004).

Estudos revelam que a urina estocada em temperatura de 20°C, por ao menos seis meses, pode ser considerada segura para o uso em qualquer cultura agrícola (HÖGLUND; ASHBOLT; STENSTRÖM, 2002; OTTERPOHL, 2000). Além disso, é importante salientar que, para evitar a perda de nitrogênio pela volatilização da amônia, o armazenamento deve ser realizado em recipiente fechado (KIPERSTOK; NASCIMENTO; KIPERSTOK, 2010).

3.2.5.2 Evaporação

A evaporação da urina visa à redução de volume e concentração de nutrientes, de modo a facilitar o transporte e armazenamento. Para tal, é possível utilizar a energia solar como única fonte de calor, havendo a necessidade de adicionar ácido sulfúrico para evitar a perda de amônia por volatilização (LOURO; JÚNIOR, 2011).

Zancheta (2007), sob as condições de insolação do município de Vitória/ES, obteve 50 g de resíduo com concentrações balanceadas de nitrogênio, fósforo e potássio para cada litro de urina evaporada e uma redução de aproximadamente 95% de volume.

3.2.5.3 Precipitação da estruvita

A estruvita $[Mg(K,NH_4)(PO_4).6H_2O]$ é formada da reação entre o magnésio e fosfato, na presença de amônia. A precipitação do composto visa a concentração dos nutrientes da urina na forma de cristais e, segundo Louro e Júnior (2011), pode ser potencializada com a adição de magnésio em suas diversas formas (MgO , $Mg(OH)_2$, $MgCl_2$). Cardinali et al. (2009) atingiu uma extração média de 99,2% de fósforo, utilizando uma dosagem de 0,30 g/L de MgO . A pequena necessidade de tecnologia e equipamentos é outra vantagem de tal prática. Entre as desvantagens, tem-se o gasto com a adição de magnésio ou outros aditivos para otimização do processo.

3.2.5.4 Congelamento

O método de concentração por congelamento consiste em um processo lento de congelamento e/ou liquefação, em que a concentração da urina ocorre pela capacidade da água em formar “cristais puros” (LIND; BAN; BYDÉN, 2001).

Em pesquisas realizadas por Rebouças, Bianchi e Gonçalves (2007), a urina previamente estocada por seis meses foi congelada a $-22^{\circ}C$ durante 10 horas e descongelada gota a gota. Os resultados evidenciaram que cerca de 70% dos nutrientes se concentraram em 30% do volume inicial devido à alta condutividade elétrica no início do descongelamento, apresentando altos teores de nitrogênio e fósforo. Ressalta-se, no entanto, que tal técnica é economicamente inviável em locais de clima quente.

3.2.6 Reúso das excretas

Como já citado, o potencial de reaproveitamento das excretas na agricultura é evidenciado pela quantidade de nutrientes presentes, amparado pelas possibilidades de tratamento apresentadas. Contudo, ainda não existem resoluções ou instruções brasileiras específicas que abordem o uso de fezes e urina na agricultura (MAGRI, 2013).

Assim, como referência, utiliza-se critérios definidos pela Resolução CONAMA 375/2006, que aborda o reúso de lodo de esgoto na agricultura, bem como a Instrução Normativa (IN) 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que traz as especificações sobre fertilizantes orgânicos e biofertilizantes (SMITH, 2015).

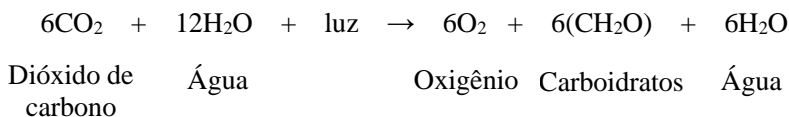
3.3 FERTILIZANTES

Os fertilizantes podem ser definidos como compostos minerais ou orgânicos, obtidos de forma natural ou industrial que, de maneira geral, visam suprir as deficiências em substâncias vitais à sobrevivência dos vegetais (HERINGER). Dessa maneira, a indústria de fertilizantes desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da agricultura e no atendimento às necessidades nutricionais de uma população continuamente crescente (IFA; UNEP, 2000).

3.3.1 Classificação dos nutrientes

Nesse contexto, existem nutrientes imprescindíveis para que uma determinada planta complete seu ciclo de vida, afetando diretamente a sua produtividade. Pode-se dividi-los em dois principais grupos: nutrientes não minerais e minerais (IPNI, 1998).

O carbono (C), o hidrogênio (H) e o oxigênio (O) são nutrientes que compõe a classe dos não minerais, encontrados na atmosfera e na água. Os mesmos participam da fotossíntese da seguinte forma (IPNI, 1998):



Já os nutrientes minerais são encontrados no solo e, juntamente com a luz solar, gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), atuam no crescimento dos vegetais (HERINGER). Conforme mostrado na Tabela 8, os nutrientes minerais estão divididos em três grupos: primários, secundários e micronutrientes.

Tabela 8 - Classificação dos nutrientes.

Nutrientes primários	Micronutrientes
Nitrogênio (N)	Boro (B)
Fósforo (P)	Cloro (Cl)
Potássio (K)	Cobre (Cu)
Nutrientes secundários	Ferro (Fe)
Cálcio (Ca)	Manganês (Mn)
Magnésio (Mg)	Molibdênio (Mo)
Enxofre (S)	Zinco (Zn)

Fonte: IPNI (1998).

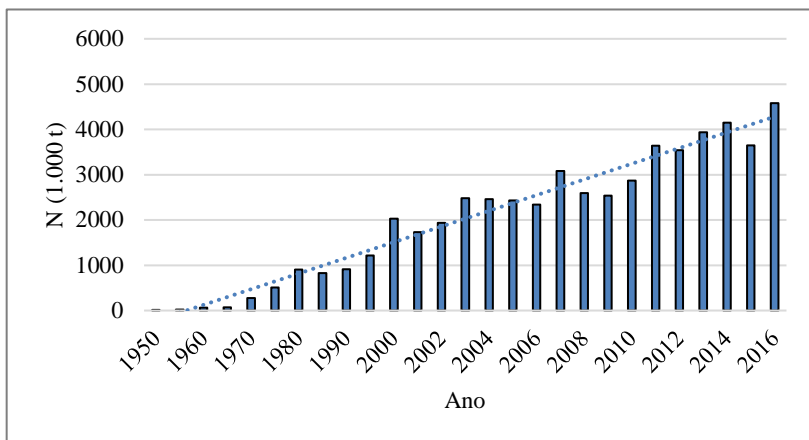
Os nutrientes primários são usados em larga escala. A manutenção do crescimento da planta e a formação de aminoácidos e proteínas são atribuições do nitrogênio. Já o fósforo auxilia nas reações químicas que ocorrem nas plantas, intervindo nos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células. O potássio, por sua vez, é fundamental para a manutenção de água nas plantas, formação de frutos e resistência ao frio e às doenças (COSTA; SILVA, [2012]).

Os nutrientes secundários e os micronutrientes, em contrapartida, são requeridos em proporções menores. Entretanto, todos os nutrientes mostram-se igualmente importantes para uma adequada fertilidade do solo, uma vez que possuem papéis específicos, não podendo ser substituídos (IPNI, 1998).

3.3.2 Produção e consumo

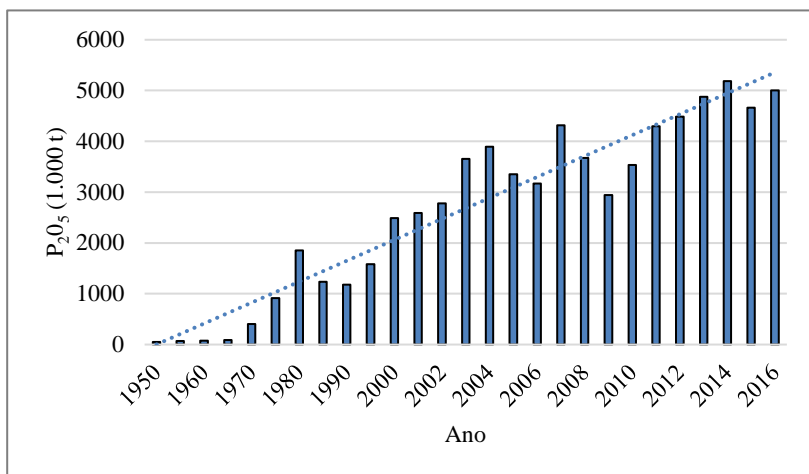
A evolução do consumo aparente - total de produção acrescido das importações e subtraído das exportações - de nitrogênio, fósforo e potássio no Brasil, entre 1950 e 2016, pode ser conferida nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Figura 3 - Consumo aparente de nitrogênio no Brasil.



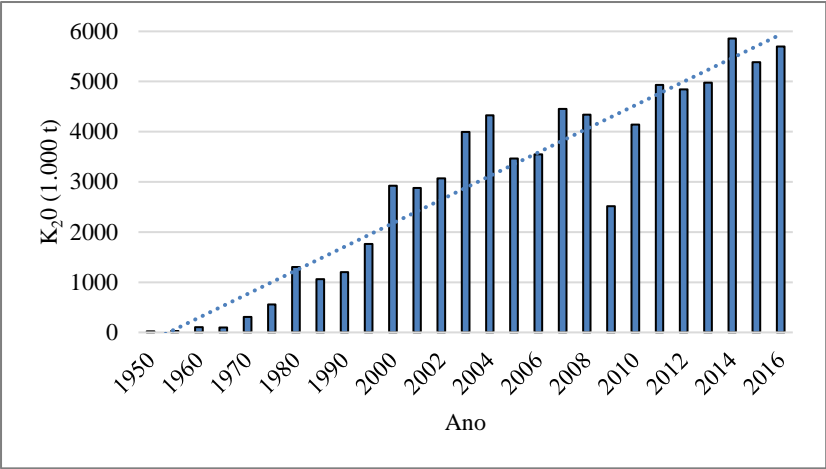
Fonte: IPNI ([2017]).

Figura 4 - Consumo aparente de fósforo no Brasil.



Fonte: IPNI ([2017]).

Figura 5 - Consumo aparente de potássio no Brasil.



Fonte: IPNI ([2017]).

Ao verificar os gráficos, especialmente as linhas de tendências, percebe-se que o Brasil apresenta altas taxas de crescimento na demanda por fertilizantes ao longo dos anos. Além disso, vale destacar que, diferentemente de outros países, os fertilizantes mais consumidos não são os nitrogenados, mas os potássicos (COSTA; SILVA, [2012]). A inversão se justifica por conta da estrutura da agricultura brasileira. A soja, principal cultura consumidora do país, utiliza pouco nitrogênio e muito potássio para sua produção.

O consumo de nutrientes (N + P₂O₅ + K₂O) por região, entre 2012 e 2016, pode ser conferido na Tabela 9.

Tabela 9 - Consumo de nutrientes por região.

Região	2012		2014		2016	
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%
Sul	3.359,90	26,7	3.995,08	28,5	4.332,65	28,8
Sudeste	3.367,18	26,7	3.405,56	24,3	3.620,22	24,0
Centro	4.167,51	33,1	4.694,25	33,5	5.231,74	34,7
Nordeste	1.709,16	13,5	1.923,74	13,7	1.884,70	12,5
Brasil	12.603,75	100	14.018,63	100	15.069,31	100

Fonte: ANDA apud IPNI ([2017]).

Nota-se o acréscimo de quase 17% no consumo de nutrientes em um intervalo de quatro anos. Além disso, a maior aplicação de nutrientes

se concentra nas Regiões Centro e Sul, onde estão localizadas as principais culturas agrícolas do Brasil.

O consumo aparente de fertilizante no Brasil, no ano de 2016, é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumo aparente de fertilizante no Brasil.

Produção nacional (t)	Importação (t)	Exportação (t)	Consumo aparente (t)
9.040.747	23.797.378	56.858	32.781.267

Fonte: ANDA apud IPNI ([2017]).

Observa-se que a produção interna de fertilizantes tem sido insuficiente para atender à demanda, ocasionando uma forte elevação das importações. O fato desta procura desenvolver-se mais que a capacidade produtiva nacional aumenta a vulnerabilidade do Brasil em relação às variações dos preços no mercado internacional, taxas de câmbio, fretes e problemas logísticos dos portos brasileiros (HERINGER). Destaca-se, entretanto, que a dependência externa não é função apenas da elevada demanda do setor agrícola nacional, mas também da disponibilidade de matérias-primas e estrutura de produção (COSTA; SILVA, [2012]).

3.4 IMPACTO AMBIENTAL

Segundo Damato e Macuco (2002), além dos efeitos sociais e ambientais positivos, os projetos de saneamento também são capazes de causar impactos negativos.

A Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986, define Impacto Ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afeta:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e
- V - a qualidade dos recursos ambientais.”

Nesse contexto, é imprescindível referir-se à Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA), instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente de grande importância, em nível federal, estadual e municipal,

para a gestão institucional de planos, programas e projetos (IBAMA, 1995).

Esse instrumento é baseado em um conjunto de procedimentos que assegura um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (ou já ocorrida com danos) e de suas alternativas. Vale ressaltar que o conceito de impacto ambiental é relativo, uma vez que inclui a noção de julgamento, valor positivo (benéfico) ou negativo (prejudicial), passível de variações no tempo e no espaço (COSTA JÚNIOR, 2013).

Os métodos utilizados na AIA são estruturados a fim comparar, organizar e analisar informações sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo meios de apresentação escrita e visual. Dentre as opções, destacam-se as seguintes linhas metodológicas: métodos espontâneos (*ad-hoc*), listagens (*check-list*), matrizes de interações e redes de interações (*networks*).

Diante da grande variedade de métodos de AIA, muitos dos quais incompatíveis com as condições socioeconômicas e políticas do país, é necessário seleção criteriosa e adaptações para que sejam utilizáveis na tomada de decisão. Salienta-se que não existe um método que se ajuste perfeitamente a todos os tipos de empreendimentos. Assim, utiliza-se, muitas vezes, mais de uma ferramenta para avaliar os impactos de uma mesma atividade (SILVA, 2011).

3.4.1 Métodos espontâneos

Segundo Siqueira et al. (2007), o método *ad-hoc*, também conhecido como painéis ou reuniões de especialistas, baseia-se na criação de grupos de trabalho formados por profissionais e cientistas de diferentes disciplinas de acordo com as características do projeto a ser avaliado. Tais especialistas são selecionados entre pessoas de notório saber, que reúnam conhecimentos práticos na área (SILVA, 2011).

Tal metodologia é adequada nos casos de escassez de dados, uma vez que se utilizam do conhecimento empírico de *experts* do assunto em questão. Os impactos são caracterizados e sintetizados pelo conhecimento individual de cada entendedor (CARVALHO; LIMA, 2010) por meio de tabelas ou matriz. Sua maior vantagem está relacionada à possibilidade de estimativa rápida e organizada da evolução de impactos, além de ser facilmente compreendida pelo público. Em contrapartida, não se tem detalhamento das intervenções e variáveis ambientais envolvidas. Por fim, evidencia-se um alto grau de subjetividade dos resultados, que dependem das qualidades da coordenação, critérios de escolha dos

componentes do grupo de trabalho, nível de informação, etc. (SILVA, 2011).

3.4.2 Listagens de controle

A listagem de controle consiste na identificação e enumeração dos impactos pelo diagnóstico ambiental realizado por especialistas dos meios físico, biótico e socioeconômico. Os especialistas relacionam os impactos decorrentes das fases de implantação e operação do empreendimento, categorizando-os em positivos ou negativos, de acordo com a transfiguração antrópica a ser introduzida no sistema (COSTA et al., 2005). Para direcionar a avaliação, o método pode ser apresentado sob forma de *check-list*.

Segundo La Rovere (2001), os *check-lists* são relações padronizadas de fatores ambientais que permitem detectar os impactos provocados por projetos específicos. Como vantagem, há o emprego imediato na avaliação qualitativa dos impactos mais relevantes. Por outro lado, desconsideram as relações de causa e efeito entre os impactos, tornando-se adequadas somente para avaliações preliminares. De modo geral, todas as listas são generalistas, dificultando o enfoque em aspectos intrínsecos de cada empreendimento.

3.4.3 Matrizes de interações

As matrizes de interações surgiram na tentativa de suprir as deficiências das listagens e são caracterizadas como técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Pela interseção das linhas e colunas, representa-se o impacto de cada ação sobre determinado fator ambiental.

Uma das mais propagadas, nacional e internacionalmente, é a Matriz de *Leopold*. Tal matriz foi projetada para avaliação de impactos associados a quase todos os tipos de implantação de projetos e consiste em, primeiramente, assinalar as possíveis interações entre as ações e os fatores (COSTA et al., 2005). Após, define-se a magnitude e importância de cada impacto em uma escala de um a dez. Quanto menor o valor empregado, melhor a condição ambiental.

A magnitude refere-se ao grau de alteração provocado pela ação sobre o fato ambiental, sendo considerada objetiva ou empírica. Em troca, a importância é subjetiva ou normativa, já que pondera o grau de significação de um impacto em relação ao fator ambiental afetado e a outros impactos (SILVA, 2011).

Como exemplificado na Figura 6, a magnitude e a importância são posicionadas no canto superior esquerdo e inferior direito, nesta ordem.

Figura 6 - Exemplificação da Matriz de *Leopold*.

Atividades	Impactos ambientais			Médias	Índice final
	Impacto ambiental "j"	...	Impacto ambiental "n"		
Atividade "j"					
...					
Atividade "n"					



Fonte: Elaborada pela autora.

Costa et al. (2005) ressalta que a Matriz de *Leopold* não explicita com clareza as bases de cálculo das escalas de pontuação de importância e magnitude. Além disso, similarmente aos *check-lists*, as inter-relações entre os impactos não são identificadas, podendo levar à dupla contagem ou à subestimativa dos mesmos. A pouca ênfase atribuída aos fatores sociais e culturais também é identificada.

Outro ponto importante a ser mencionado é que tais matrizes identificam apenas os impactos diretos, não considerando seus aspectos temporais e espaciais. Por isso, desenvolveram-se outros tipos de matrizes de interação que cruzam os fatores ambientais entre si, introduzem símbolos ou utilizam técnicas de operação para ampliar a abrangência dos resultados (SILVA, 2011).

3.4.4 Redes de interações

De acordo com Siqueira et al. (2007), as redes de interação estabelecem as relações do tipo causa-condições-efeito, permitindo, a partir do impacto inicial, retratar o conjunto das ações que podem desencadeá-lo direta ou indiretamente.

As redes de interações foram criadas para possibilitar a identificação de impactos indiretos e suas interações por meio de gráficos ou diagramas. Segundo Silva (2011), uma ação qualquer dificilmente ocasiona apenas um impacto.

Conforme o mesmo autor, as redes de interações permitem boa visualização de impactos secundários e demais ordens. Ademais, visam orientar as medidas propostas para o gerenciamento dos impactos

identificados, além de propor programas de manejo, monitoramento e controle ambientais. Contudo, este método possui a desvantagem de não avaliar intensidade de ruídos, fatores estéticos nem variáveis culturais e sociais.

3.5 INDICADORES ECONÔMICOS

Em um projeto, é fundamental o cálculo de indicadores de rentabilidade para determinar se sua execução é ou não conveniente (BOTTEON, 2009). Nesse contexto, o Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) são instrumentos de análise de investimento utilizados para determinar a viabilidade de um empreendimento (MEDINA et al., 2015).

Vale ressaltar que, antes de analisar os métodos de avaliação de investimentos, é importante ter claro o conceito de fluxo de caixa, definido por Ângelo, Silveira e Fávero (2006) como o conjunto de entradas e saídas de dinheiro do caixa ao longo do tempo.

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

A medida do Valor Presente Líquido (VPL) é obtida pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previsto para cada período do horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento (ASSAF NETO, LIMA; 2011 apud PEREIRA et al., 2016).

A Equação 1 mostra a fórmula geral para o cálculo do VPL nos casos em que a taxa de custo de oportunidade dos fundos ou de desconto é constante, segundo Botteon (2009).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{BNt}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Onde:

BNt = benefício líquido correspondente ao momento “t” da vida do projeto;

r = taxa de desconto por período;

n = momento final do projeto.

Segundo a mesma fonte, nas situações em que a taxa de desconto for variável ao longo do tempo, o VPL é calculado por meio da Equação 2.

$$VPL = BN0 + \frac{BN1}{(1+r1)} + \frac{BN2}{(1+r1) \times (1+r2)} + (...) + \frac{BNn}{(1+r1) \times (1+r2) \times (...) \times (1+rn)} \quad (2)$$

Onde:

rj = taxa de desconto correspondente ao período “j”.

O VPL expressa o resultado econômico atualizado, também conhecido como riqueza. Por essa técnica, é estabelecido um critério de decisão de investimento. Assim, se o VPL for maior que R\$ 0, indica que o projeto cria valor econômico, ou seja, aumenta a riqueza dos acionistas. Se negativo, destrói valor da empresa. Se igual a R\$ 0, remunera o custo de oportunidade, sem alterar a riqueza dos acionistas (ASSAF NETO; LIMA, 2014 apud MEDINA et al., 2015).

3.5.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é, por definição, a taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a R\$ 0, uma vez que o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial (GITMAN, [2008]).

Na visão financeira, a TIR de um investimento é o percentual de retorno obtido sob o saldo do capital investido e ainda não recuperado. Na percepção matemática, a TIR iguala o valor presente das entradas de caixa ao valor presente das saídas de caixa (SANTOS, 2001).

Tal indicador pode ser representado pela Equação 3 (BOTTEON, 2009).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{BNt}{(1+\rho)^t} \quad (3)$$

Onde:

ρ = TIR.

Segundo Pereira e Almeida ([2007]), quando a TIR for maior que o custo de capital (taxa mínima de atratividade), aceita-se o projeto; se for menor, rejeita-se. Dessa maneira, garante-se que a empresa esteja

obtendo, no mínimo, sua taxa requerida de retorno. Segundo a mesma fonte, entre duas alternativas econômicas com TIRs diferentes, a que obtiver maior taxa representa o maior retorno.

4 METODOLOGIA

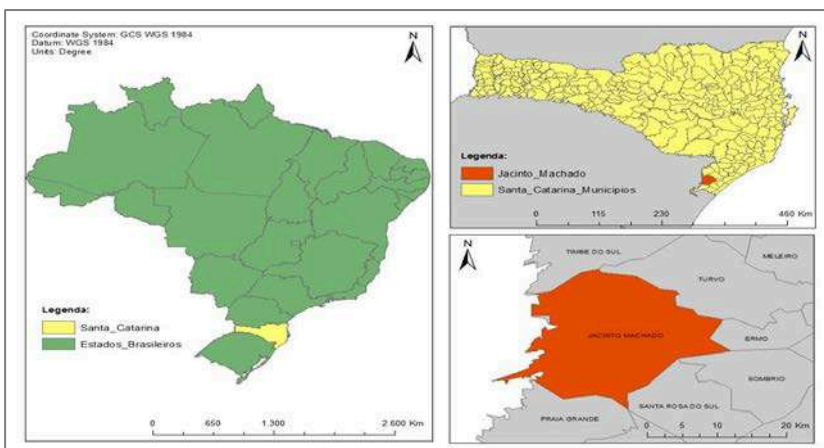
Para se alcançar os objetivos propostos no trabalho, é apresentada, inicialmente, a área de estudo – Jacinto Machado. Na sequência, traz-se detalhes a respeito do SES centralizado projetado para a área urbana do município em 2011. Posteriormente, são mostradas as ferramentas utilizadas para quantificar os potenciais impactos ambientais provocados pelos sistemas. Por fim, são mostrados os métodos aplicados acerca o levantamento de lucros e despesas, bem como os indicadores econômicos adotados para o estudo da viabilidade econômico-financeira de ambos os cenários.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

4.1.1 Localização

O município de Jacinto Machado abrange uma área de 417,2 km² e está localizado no Estado de Santa Catarina, pertencendo à mesorregião Sul Catarinense e à microrregião de Araranguá, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Mapa de localização de Jacinto Machado.



Fonte: Elaborada pela autora.

A altitude do município é de 50 m acima do nível do mar. Situa-se na latitude 28°59'51"S e longitude 49°45'49"W. Além disso, tem como municípios limítrofes: Timbé do Sul, Turvo, Ermo, Sombrio, Santa Rosa

do Sul, São João do Sul e Praia Grande. Sua distância da capital do Estado, Florianópolis, é de aproximadamente 250 km.

4.1.2 Dados demográficos

A Tabela 11 apresenta a variação populacional de Jacinto Machado entre 1991 e 2010, de acordo com os censos populacionais efetuados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Tabela 11 - Dados populacionais de Jacinto Machado.

Censo	População (hab)			Relação (%)	
	Total	Urbana	Rural	Urbana	Rural
1991	11.504	3.592	7.912	31,2	68,8
2000	10.920	4.536	6.384	41,5	58,5
2010	10.609	5.133	5.476	48,4	51,6

Fonte: IBGE (1991, 2000 e 2010).

Pode-se observar que, até o ano de 2000, a maioria dos habitantes do município viviam em áreas rurais. Contudo, esta configuração tem se alterado nos últimos anos e, segundo o último censo, em 2010, a população urbana praticamente se igualou à rural.

4.1.3 Atividade econômica

Jacinto Machado tem como principal fonte de renda a agroindústria, com ênfase na plantação de arroz e banana. A pecuária destaca-se pela implantação da avicultura e piscicultura, além das tradicionais criações de bovinos e suínos (ECO CONSULTORIA AMBIENTAL, 2011).

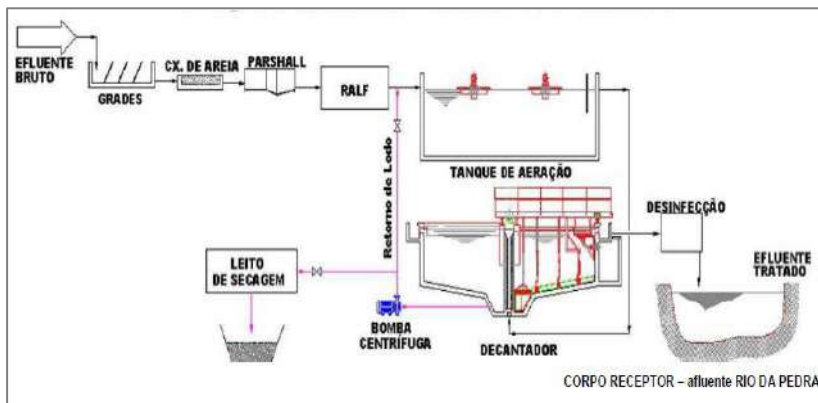
4.2 PROJETO EXECUTIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO CENTRALIZADO

O município de Jacinto Machado apresenta, desde 2011, um projeto executivo de Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado, elaborado pela Eco Consultoria Ambiental Ltda. O mesmo é composto por rede coletora, quatro Estações Elevatórias (EEs) e uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

A alternativa de tratamento empregada foi RALF (Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado) seguido de Lodos Ativados de fluxo contínuo, situada em uma área localizada próxima ao corpo receptor (Rio

da Pedra) e afastada da área urbana e de moradores. A Figura 8 apresenta o diagrama da ETE, projetada para uma vazão de 12 L/s.

Figura 8 - Diagrama da ETE projetada para Jacinto Machado.



Fonte: Eco Consultoria Ambiental (2011).

Em função da disponibilidade financeira, planejou-se a execução das obras em duas etapas. A Tabela 12 exhibe a população de projeto para as duas fases de implantação, considerando atendimento de 95% da população urbana.

Tabela 12 - População de projeto por etapa de implantação.

Etapa/Anos	População (hab.)	
1ª (2010 - 2020)	5.689	6.756
2ª (2020 - 2030)	6.756	8.178

Fonte: Eco Consultoria Ambiental (2011).

Atualmente, segundo informações da prefeitura, todas as unidades da ETE, bem como 4.045 metros de rede, já foram construídas. Na segunda etapa, é prevista a execução das EEs e do restante da rede coletora.

4.3 AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A quantificação dos impactos ambientais durante todas as fases do projeto do SES centralizado e ecológico foi efetuada por meio de uma matriz de interações em planilha eletrônica. Nela, listou-se os potenciais impactos relativos ao ambiente, pesquisados na literatura, vinculados aos

seguintes atributos qualitativos: caráter, importância, cobertura, duração e reversibilidade.

Para o julgamento dos referidos atributos, utilizou-se a metodologia *ad-hoc*. Assim, quatro profissionais com formação em engenharia sanitária e/ou ambiental apresentaram impressões baseadas em suas próprias experiências. Cada atributo foi quantificado pelos mesmos individualmente por meio de uma nota, conforme mostra a Tabela 13.

Após a avaliação de todos atributos para cada impacto levantado, quantificou-se o mesmo pela Equação 4.

$$IMP = Ca \times (I + Co + D + R) \quad (4)$$

Onde:

IMP = impacto total;

Ca = caráter;

I = importância;

Co = cobertura;

D = duração;

R = reversibilidade.

Posteriormente, realizou-se a soma de todos “IMP”, tanto do sistema de saneamento tradicional quanto do ecológico, para comparar, quantitativamente, o impacto total ocasionado por ambos.

Tabela 13 - Classificação dos atributos.

Atributo		Classificação		Pontuação
Caráter	Influência de uma ação realizada na área afetada tendo como resposta uma alteração ambiental	Positivo	Quando a ação realizada tem como consequência uma alteração benéfica à área	1
		Neutro	Quando a ação realizada não causa alteração à área	0
		Negativo	Quando a ação realizada no projeto tem como consequência uma alteração negativa à área	-1
Importância	Ponderação do grau de significância do impacto na sua relação de interface com o meio ambiente	Alta	A intensidade da interferência do impacto sobre o meio ambiente acarreta na perda da qualidade de vida, quando adverso, ou ganho, quando benéfico	3
		Média	A intensidade do impacto sobre o meio ambiente assume dimensões recuperáveis, quando adverso, para a queda da qualidade de vida, ou assume melhoria da qualidade de vida, quando benéfico	2
		Baixa	A intensidade da interferência do impacto sobre o meio ambiente não implica em alteração da qualidade de vida	1
Cobertura	Proporção ou extensão do impacto na área estudada dentro do perímetro analisado	Regional	Quando a extensão do impacto atinge a superfície delimitada pela área de influência funcional e sua bacia hidrográfica	3
		Local	Quando a extensão do impacto atinge a superfície delimitada pela área de influência direta e uma pequena porção periférica do terreno	2
		Pontual	Quando a extensão do impacto atinge somente a superfície delimitada pela área de influência direta	1
Duração	Contabilização do tempo de duração do impacto, depois de finalizada a ação executada que o determinou	Longa	Quando, após a conclusão da ação geradora do impacto, este permanecer por longo período de tempo	3
		Média	Quando da necessidade de decorrer razoável período de tempo para a dissolução do impacto	2
		Curta	Quando a neutralização do impacto ocorre imediatamente após o final da ação	1
Reversibilidade	Capacidade do elemento do meio atingido por uma determinada ação de retomar às condições ambientais precedentes	Irreversível	Objeto ambiental atingido por ação impactante não alcança as condições ambientais anteriores, apesar de tentativas com esse propósito	3
		Parcial	Objeto ambiental atingido por ação impactante alcança parcialmente as condições ambientais anteriores, apesar de tentativas com esse propósito	2
		Reversível	Objeto ambiental atingido retorna às condições ambientais iniciais, de forma natural ou antrópica	1

Fonte: Adaptado de Costa Júnior (2013).

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

4.4.1 Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado

4.4.1.1 Beneficiamento bruto

Calculou-se o retorno econômico do sistema centralizado proveniente da taxa de esgoto, considerando-a no mesmo valor da tarifa de água. A Tabela 14 mostra o quadro tarifário presente na fatura de água do SAMAE de Jacinto Machado.

Tabela 14 - Quadro tarifário do consumo de água.

Faixa de consumo (m³)	Valor (R\$/m³)
1 – 10	2,91
11 – 20	4,98
21 – 30	5,92
31 – 40	6,24
41 em diante	7,16

Para tal, considerando a população fim de plano do projeto, adotou-se a média de 3,34 pessoas residentes por domicílio (IBGE, 2010), obtendo um total de 2.449 economias. Além disso, o consumo de água estimado foi de 120 L/hab.dia, conforme recomendado por Reali et al. (2002) para casas populares. Nesse cenário, aproximadamente 12 m³ de água são consumidos mensalmente por economia.

4.4.1.2 Custos de instalação

Em se tratando do SES centralizado, todas as despesas de instalação (considerando rede coletora, ligação domiciliar, ETE, EEs e urbanização) foram consultadas no próprio projeto executivo.

4.4.1.3 Custos de operação e manutenção

Os gastos relativos à manutenção e desobstrução da rede coletora foram estimados por economia, segundo dados disponibilizados pelo Setor de Operação (SEOPE) da Companhia Catarinense de Água e Saneamento - CASAN Insular: R\$ 1,35/economia.mês e R\$ 0,72/economia.mês, nesta ordem.

Para o cálculo do consumo de energia proveniente das EEs, utilizou-se a Equação 5 apresentada por Bernardes et al. (1981).

$$C = N \times h \times p \times n \quad (5)$$

Onde:

C = custo de energia elétrica (R\$);

N = energia média distribuída por motor (kW);

h = horas de operação (8 horas/dia/motor);

p = preço de 1 kWh (R\$ 0,39/kWh);

n = número de motores (2 motores).

As potências das bombas das EEs são de 7,40; 2,50; 2,00 e 22,50 cv. O fator de conversão utilizado foi de 0,736 kW/cv. Por fim, o preço de 1 kWh foi retirado do site da CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A, considerando tarifa convencional (grupo B) referente aos serviços públicos de água, esgoto e saneamento (subgrupo B3).

No que se refere à ETE, o desembolso do sistema RALF seguido de Lodos Ativados varia entre R\$ 7,00 e 12,00/hab.ano (ECO CONSULTORIA AMBIENTAL, 2011). Adotou-se o valor médio de R\$ 9,50/hab.ano.

Por fim, os gastos pessoais foram estimados em 30% sobre o faturamento bruto do SES convencional, segundo valores financeiros de referência encontrados no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Uruguaiana/RS (2014).

4.4.2 Sistema de Esgotamento Sanitário ecológico

4.4.2.1 Beneficiamento bruto

Apoiado na análise de perdas desenvolvida por Barros e Vasconcelos (2016) em uma linha de fertilizantes, estimou-se um percentual de 4% de supressão sobre a quantidade total de biofertilizante produzida durante o processo de produção.

Além disso, com base na Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar 101/2000), considerou-se a indústria de biofertilizante uma empresa estatal dependente. Ou seja, ela pode receber recursos do ente controlador, mesmo que para fins de custeio geral, gastos com pessoal ou gastos de capital que não ensejem no aumento de participação acionária (PLANEJAMENTO, 2015).

No tocante às receitas, o quilo do biofertilizante sólido e o litro do líquido será vendido a um preço de R\$ 1,15, a fim de que as receitas operacionais cubram as despesas de custeio e manutenção quando possível. No entanto, o sistema também poderá estar sujeito a prejuízos sucessivos, caso os produtos fabricados não encontrem a demanda necessária para cobrir tais custos operacionais. Uma política pública, que, conforme Secchi (2016), é uma diretriz elaborada para suprir uma demanda pública, pode associar beneficiários agricultores ao processo de escoamento da produção, sendo ou não tal processo subsidiado.

4.4.2.2 Custos de instalação

Para a implantação do Ecosan, considerou-se a aquisição de galpão industrial e garagem, veículo transportador e acessórios, retroescavadeira para revirar as fezes, materiais de escritório, balança digital e equipamentos de laboratório.

Os elementos mencionados foram levantados por pesquisa de preço no mercado. O gasto com a edificação do galpão industrial e garagem, em especial, foi estimado em R\$ 891,61/m², segundo o Custo Unitário Básico de Construção (CUB/m², 2018), calculado de acordo com a Lei Federal nº 4.591 e NBR 12.721 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O preço é correspondente ao mês de abril de 2018, divulgados pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil da Grande Florianópolis.

4.4.2.3 Custos de operação e manutenção

O investimento anual com veículo transportador e embalagens foi levantado por pesquisa de preço.

Os custos dos aditivos utilizados no tratamento das fezes foram extraídos da consulta de insumos pagos pelos produtores rurais, realizada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Assim, utilizou-se dados referentes ao mês de outubro de 2017, disponibilizados em novembro do mesmo ano.

A remuneração dos funcionários foi baseada nos pisos salariais de cada profissional, encontrados na bibliografia. Os percentuais ou valores de referência de benefícios, insumos diversos, encargos sociais e trabalhista, bem como custos indiretos, tributos e lucro, foram retirados do Portal da Transparência do Ministério Público Federal, relacionados a um contrato de prestação de serviços.

Mediante revisão na literatura e consulta de mercado, estimou-se as potências e horas de utilização dos equipamentos que consomem energia, bem como o consumo de água por funcionário no sistema proposto. Novamente, considerou-se o preço de R\$ 0,39/kWh e o quadro tarifário de consumo de água do SAMAE de Jacinto Machado.

4.4.3 Indicadores econômicos

Para a análise econômico-financeira, calculou-se o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno para ambos os sistemas em questão, para um período de 20 anos, utilizando as funções “VPL” e “TIR” do *Excel*, respectivamente. Para tal, precisou-se subtrair todos os custos de operação e manutenção do beneficiamento bruto, obtendo, assim, o beneficiamento líquido anual de cada cenário. A taxa de desconto adotada para o cálculo do VPL foi de 15%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CENÁRIO PROPOSTO PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO ECOLÓGICO

5.1.1 População atendida

Foi considerada a mesma população atendida no projeto executivo centralizado no fim de plano (8.178 habitantes).

5.1.2 Geração e potencial agronômico das excretas

A fim de quantificar as excretas no cenário Ecosan, adotou-se a geração anual de 51 kg de fezes e 550 L de urina por habitante. Dessa forma, a carga anual de nitrogênio, fósforo e potássio produzida foi estimada segundo valores apresentados na Tabela 5.

A quantidade de urina e fezes gerada e a produção de nutrientes estimada anualmente é conferida nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

Tabela 15 - Produção anual de dejetos humanos.

Dejeto	Produção anual
Urina (L)	4.497.900
Fezes (kg)	417.078

Tabela 16 - Carga de nutrientes anual encontrada nos dejetos humanos.

Nutriente	Urina (kg)	Fezes (kg)
Nitrogênio (N)	32.712,00	4.497,90
Fósforo (P)	2.984,97	1.496,57
Potássio (K)	8.178,00	2.984,97
Total	43.875,00	8.979,40

Somando a quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio, tem-se 43.875 kg de nutrientes presente em 4.497.900 kg de urina (considerando densidade de 1.000 kg/m³), ou seja, 0,98% do peso total. Similarmente, em 417.078 kg de fezes produzidas, tem-se a geração de 8.979,40 kg de nutrientes, representando 2,15% de sua composição. Os cálculos são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Porcentagem de nutrientes encontrada nos dejetos humanos.

Nutriente	Urina (%)	Fezes (%)
Nitrogênio (N)	0,73	1,08
Fósforo (P)	0,07	0,36
Potássio (K)	0,18	0,72
Total	0,98	2,15

Os resultados obtidos foram comparados com a caracterização química de esterco caprino e bovino realizada por Gomes (2011), no município de Areia/PB, apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 - Porcentagem de nutrientes encontrada nos esterco.

Nutriente	Esterco caprino (%)	Esterco bovino (%)
Nitrogênio (N)	0,93	1,17
Fósforo (P)	0,05	0,04
Potássio (K)	1,40	0,70
Total	2,38	1,91

Fonte: Gomes (2011).

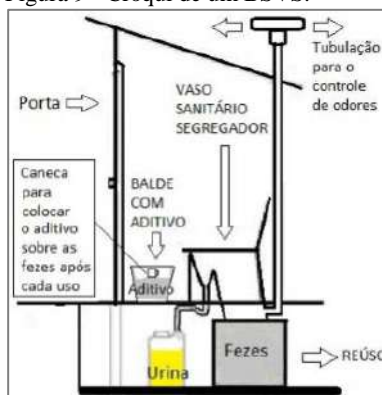
Os teores de nitrogênio e fósforo encontrados na urina assemelham-se aos verificados nos esterco caprino. De forma similar, a porcentagem de nitrogênio e potássio nas fezes humanas é bastante próxima a identificada nos esterco bovino. Além disso, a matéria fecal apresenta elevado teor de fósforo quando comparado aos adubos orgânicos citados. Ressalta-se, ainda, que os esterco de animais são constituídos pela mistura entre fezes e urina e, também, segundo o Ministério da Educação (2014), ocorrem variações na composição química dos esterco em função das espécies e locais de produção.

Ainda neste contexto, é importante frisar que, apesar de o esterco de animais (sólido ou líquido) poder ser aplicado sem tratamento em variedades agrícolas cujo intervalo entre a aplicação e a colheita seja superior a quatro meses, recentes surtos de infecções por *Salmonella* e *E. coli* demonstram a necessidade da compostagem, ou outros processos de tratamento, devidamente conduzida para o fornecimento de um adubo seguro (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2016).

5.1.3 Tecnologia de segregação

Supõe-se que todos os imóveis possuem Banheiro Seco com Vaso Separador (BSVS) de fezes e urina, sem a utilização de descarga sanitária, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Croqui de um BSVS.



Fonte: Smith (2015).

Após o uso do BSVS, deve-se colocar porções de cinza, calcário e ureia (chamados de aditivos) no compartilhamento das fezes, por parte da população. Assim, no cálculo da produção de biofertilizante sólido, foi acrescido o peso de 50% sobre o material fecal gerado.

No compartimento da urina, faz-se necessário borrifar água, apenas. A diluição da água amarela foi considerada insignificante para os cálculos.

5.1.4 Armazenamento, coleta e transporte

Para o armazenamento das excretas, são propostos dois contentores plásticos de 20 L para acúmulo de fezes e urina, separadamente.

A coleta das excretas será realizada em residências, estabelecimentos públicos e pequeno comércio, por meio de um caminhão *munck* toco com carroceria aberta, de modo que os funcionários responsáveis não tenham contato com os mesmos.

A rota atingiu toda a área urbana considerada no projeto de esgotamento sanitário centralizado. Para facilitar o traçado do roteiro, a área em questão foi dividida em três setores, como mostrado na Figura 10. Também se definiu o local da garagem e da produção de biofertilizantes (esta última, no mesmo escolhido para a ETE).

Figura 10 - Área urbana de Jacinto Machado separada em setores.



Fonte: Elaborada pela autora.

O itinerário de coleta foi traçado por tentativas sob o desenho das ruas de Jacinto Machado, no *software AutoCAD*, disponibilizado pela prefeitura do município. Desconsiderou-se o sentido do tráfego.

O início do percurso deve ser o mais próximo possível da garagem, de modo a evitar deslocamentos improdutivos do veículo; e seu final, considerando-se cada viagem, deve ser o mais próximo possível do local de destinação final dos resíduos (CHENNA, 1999 apud AMAECING; FERREIRA, 2008). Assim, os roteiros foram planejados de tal forma que a guarnição comece seu trabalho no ponto mais distante e se mova, com a progressão do trabalho, na direção de seu destino final, reduzindo as distâncias e o tempo de curso.

A distância que o caminhão percorrerá nos setores 01, 02 e 03 é, respectivamente, 9,50, 8,13 e 13,12 km, da garagem até à central de processamento de dejetos e produção de biofertilizantes, com retorno ao seu ponto de partida. Assim, em um ano, o caminhão coletor percorrerá aproximadamente 1.600 km. Os desenhos do traçado podem ser conferidos no Apêndice A.

Brasileiro e Lacerda (2002) asseguram que, para que o serviço de coleta de resíduo ocorra de forma satisfatória, é necessária a implantação de um sistema eficiente, que opere em toda a área urbana e seja regular. Assim, o veículo coletor passará regularmente nos imóveis, em dias alternados. A coleta nos setores 01, 02 e 03 acontecerá toda segunda, quarta e sexta-feira, respectivamente. Logo, o tempo decorrido entre a geração da excreta e a coleta não excederá uma semana.

Como o recolhimento das excretas não será realizado concomitantemente nos setores, um único veículo transportador é suficiente para atender a demanda do sistema proposto e com tempo para reparos e manutenção. Salienta-se, no entanto, que o ideal seria ter um veículo reserva.

Finalmente, segundo Mansur e Monteiro (1992), a regra fundamental para a definição do horário de coleta consiste em evitar ao máximo perturbar a população. Assim, ela será realizada a partir das 8 h.

5.1.5 Destinação e tratamento

A guarnição direcionará os dejetos coletados à central de processamento de dejetos e produção de biofertilizantes e, durante o processamento, serão realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de fezes e urina.

Nas amostras coletadas nos contentores das fezes e urina, espera-se a avaliação dos parâmetros: pH, *Enterococcus faecalis*, coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella* sp., adenovírus humano, ovos de helmintos, nitrogênio, fósforo e potássio. Adicionalmente, nas amostragens fecais, aconselha-se o ensaio de umidade e sólidos totais, fixos e voláteis.

Para sanitização do material fecal e eficiente manutenção dos nutrientes da urina, adotou-se os métodos apresentados no estudo de Magri et al. (2015). Em relação às fezes, considerou-se o tratamento alcalino, com adição de 49% de cinzas, 49% calcário e 2% de ureia, na proporção de 1:1 com as fezes. Já o tratamento da urina foi baseado na estocagem simples em reservatório fechado.

A quantidade anual de calcário, ureia e cinza necessária para tratamento alcalino das fezes está disposta na Tabela 19.

Tabela 19 - Quantidade de aditivos requerida anualmente para tratamento alcalino das fezes.

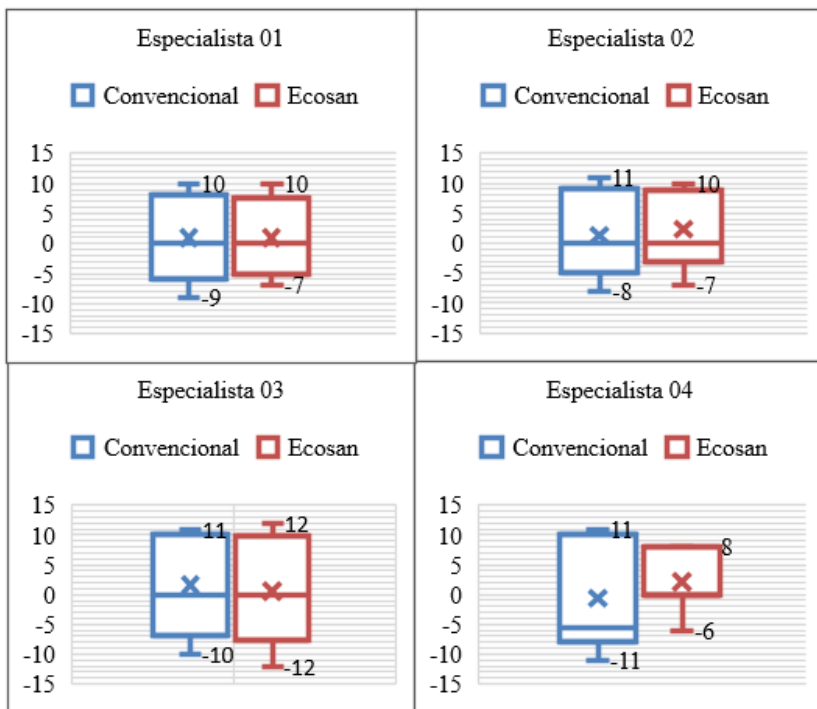
Calcário (kg)	Ureia (kg)	Cinza (kg)
204.368,22	8.341,56	204.368,22

5.2 AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A matriz de impacto ambiental elaborada pode ser conferida no Apêndice B.

A Figura 11 apresenta gráficos *box plot* com a variação empírica da quantificação de cada um dos potenciais impactos ao ambiente levantados, preenchida individualmente entre os quatro especialistas, que poderia oscilar em um intervalo de -12 a +12.

Figura 11 - Quantificação dos impactos de ambas as concepções segundo especialistas.



Na visão do especialista 01, os impactos negativos mais significativos do sistema convencional e ecológico (quantificados em -9 e -7, respectivamente) são a geração de entulhos, enquanto o impacto positivo de maior relevância é o desenvolvimento social e econômico (avaliado em +10 nos dois cenários).

Para o especialista 02, a degradação do solo e a geração de expectativa, avaliados em -8 e -7, são considerados os impactos mais expressivos desfavoravelmente para os SESs convencional e ecológico, nesta ordem. A promoção da saúde, bem-estar e justiça social, bem como o aumento da expectativa de vida e a redução da mortalidade infantil, obtiveram a maior nota (+11) para o sistema tradicional, enquanto que,

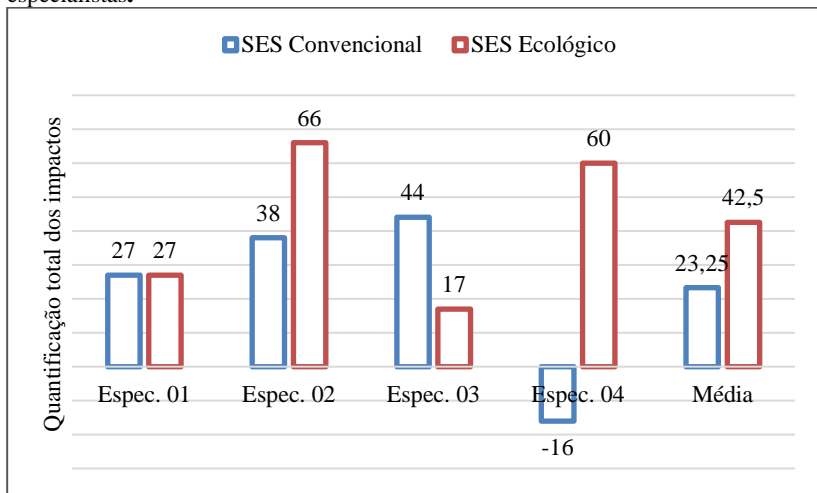
além desta última, a prevenção da poluição hídrica e o desenvolvimento social e econômico foram identificados como os mais benéficos (+10) para o sistema ecológico.

O aumento do tráfego de veículos foi caracterizado como o impacto mais negativo para os SESs convencional e ecológico, quantificados em -10 e -12, pelo especialista 03. Segundo ele, para o primeiro sistema, também se destacou a geração de odores fétidos. Em relação aos impactos positivos, a promoção da saúde, bem-estar e justiça social, bem como o aumento do afluxo populacional, apresentaram as notas mais elevadas no sistema convencional (+11), enquanto a limpeza pública e o aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil se sobressaíram no sistema ecológico (+12).

De acordo com o especialista 04, a geração de odores fétidos é o impacto mais negativo para o cenário tradicional (-11) e o ecológico (-6). Além de todos os impactos positivos já mencionados, a geração de emprego e renda e o controle e prevenção de doenças encontraram-se no topo dos impactos mais favoráveis (+11 e +8).

Finalmente, a Figura 12 apresenta o somatório da quantificação dos impactos ambientais - que poderia variar entre -336 e +336 - obtida por cada *expert* para ambos os sistemas.

Figura 12 - Quantificação do impacto total de ambas as concepções segundo especialistas.



Assim, apesar de cada item da matriz possuir variáveis envolvidas, plausíveis de muito debate, conclui-se que, de modo geral, o Ecosan é a

solução mais adequada do ponto de vista ambiental, já que exibiu as maiores notas na perspectiva da maioria dos especialistas quando comparado ao sistema tradicional.

5.3 ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

5.3.1 Sistema de Esgotamento Sanitário centralizado

5.3.1.1 Beneficiamento bruto

A Tabela 20 apresenta o retorno econômico do sistema proveniente da cobrança de tarifa de esgoto.

Tabela 20 – Beneficiamento bruto anual proveniente da cobrança de tarifa de esgoto.

Faixa de consumo (m³)	Consumo mensal (m³/economia)	Preço mensal (R\$/economia)	Preço anual (R\$)
10	29,10	71.265,90	855.190,80
2	9,96	24.392,04	292.704,48
Total			1.147.895,28

5.3.1.2 Custos de instalação

O resumo da planilha orçamentária referente à instalação do SES centralizado consta na Tabela 21.

Tabela 21 – Custo de instalação apresentado no projeto executivo.

Unidade do sistema	Custo (R\$)
Rede coletora	693.418,68
Ligação domiciliar	345.426,73
Estações Elevatórias (EEs)	217.734,90
Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	1.634.321,94
Urbanização	134.206,62
Total	3.025.108,87

Fonte: Eco Consultoria Ambiental (2011).

5.3.1.3 Custos de operação e manutenção

As Tabela 22 e 23 apresentam os custos anuais para o funcionamento da rede coletora e EEs, respectivamente.

Tabela 22 - Custo anual de manutenção e desobstrução da rede coletora.

Atividade	Custo unitário (R\$/economia.mês)	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)
Manutenção	1,35	3.306,15	39.673,80
Desobstrução	0,72	1.765,28	21.159,36
Total			60.833,16

Tabela 23 - Custo anual com energia elétrica das EEs.

EE	Potência instalada (cv)	Potência instalada (kW)	Custo diário (R\$)	Custo anual (R\$)
01	7,40	5,45	33,99	12.406,35
02	2,50	1,84	11,48	4.190,20
03	2,00	1,47	9,19	3.354,35
04	22,50	16,56	103,33	37.715,45
Total				57.666,35

Ademais, o investimento anual da ETE foi calculado em R\$ 77.691,00. Finalmente, o custo pessoal estimado é de R\$ 344.368,58 ao ano.

5.3.2 Sistema de Esgotamento Sanitário ecológico

5.3.2.1 Beneficiamento bruto

O beneficiamento bruto anual é mostrado na Tabela 24.

Tabela 24 - Beneficiamento bruto anual proveniente da venda dos biofertilizantes.

Item	Beneficiamento bruto anual (R\$)
Biofertilizante líquido	4.965.681,60
Biofertilizante sólido	1.151.135,28
Total	6.116.816,88

5.3.2.2 Custos de instalação

Pensou-se na construção de um galpão industrial composto por setor administrativo, dois banheiros, um laboratório e um depósito, totalizando 200 m². Para a garagem, foi adotada uma área de 50 m². O preço total pode ser conferido na Tabela 25.

Tabela 25 - Custo de construção do galpão industrial e garagem.

Item	Área (m²)	Preço (R\$)
Galpão industrial	200	178.322,00
Garagem	50	44.580,50
Total		222.902,50

Os preços do caminhão, guindaste, carroceria e retroescavadeira são mostrados na Tabela 26.

Tabela 26 – Custo de veículos e acessórios.

Item	Preço (R\$)
Caminhão Volkswagen modelo Costellation 13.190	160.000,00
Guindaste Luna Alg modelo LN 16.506	91.000,00
Carroceria em madeira com tamanho de 7000 mm	16.000,00
Retroescavadeira Case 580N 4x4 new turbo	200.000,00
Total	467.000,00

Também foi orçado o preço de aparelhos de ar-condicionado, computadores e impressora multifuncional, identificados na Tabela 27.

Tabela 27 - Custo de materiais de escritório.

Item	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Ar-condicionado Split hi-wall Electrolux 12.000 BTUs	3	3.777,00	11.331,00
Computador EasyPC Intel Core i3	5	6.455,24	32.276,20
Impressora multifuncional Samsung SL-M2070/XAB	1	757,00	757,00
Total			44.364,20

Além disso, buscou-se uma balança comercial digital da marca Filizola, modelo MF, com capacidade de suportar até 30 kg e precisão de 5g. Seu prato possui dimensão de 340 mm x 440 mm. O preço do referido produto é de R\$ 960,80.

Os equipamentos de laboratórios para realização de análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de fezes e urina são mostrados na Tabela 28.

Tabela 28 - Custo de equipamentos de laboratório.

Item	Preço (R\$)
Capela de exaustão de gases	3.639,03
Cabine de segurança biológica	35.405,77
Estufa microprocessada de cultura e bacteriologia	2.678,09
Contador eletrônico de colônias	1.878,75
Autoclave	5.943,66
pHmetro de bancada	1.687,25
Eletrodo combinado de vidro tipo espeto	697,15
Fotocolorímetro microprocessado	3.219,30
Microscópio óptico binocular	6.500,00
Total	61.559,00

Por fim, cotou-se uma seladora automática, modelo FDR1000W, com capacidade de até 5 kg, para agilizar a produção e diminuir a mão de obra no processo de embalagens. O referido equipamento é capaz de selar até 19.200 embalagens por dia e possui um valor de R\$ 3.329,00.

5.3.2.3 Custos de operação e manutenção

Primeiramente, calculou-se o custo da manutenção do caminhão transportador por quilômetro e, após, multiplicou-se pela quilometragem anual a ser percorrida pelo caminhão coletor (1.600 km). Posteriormente, os custos com reparos e seguro (considerados fixos) foram acrescidos ao valor encontrado. A Tabela 29 mostra a síntese dos cálculos e o resultado final.

Em se tratando dos aditivos, o preço estimado do calcário e ureia para a produção de biofertilizante proveniente das fezes está descrito na Tabela 30.

A cada dois dias, uma empresa de Jacinto Machado, que aproveita a casca de arroz para obtenção de álcool, encaminha ao aterro sanitário uma caçamba com aproximadamente 5 t de cinzas, geradas em seu processo produtivo. Dessa forma, o referido aditivo foi desconsiderado no orçamento, supondo que o mesmo será obtido gratuitamente.

Tabela 29 - Custo anual de operação e manutenção do veículo transportador.

Item	Unidade	Valor	R\$/km
Custos por quilômetro percorrido			
Combustível S-10	Preço por litro (R\$/L)	3,20	0,64
	Consumo por litro (km/L)	5,00	
Lubrificantes	Óleo do motor (L)	16,00	0,04
	Periodicidade da troca (km)	5.000,00	
	Preço por litro (R\$/L)	14,00	
Lavagens e graxa	Preço médio mensal (R\$)	600,00	4,50
	Preço médio anual (R\$)	7.200,00	
	Quilometragem anual (km)	1.600,00	
Pneus (02 dianteiros e 04 traseiros) tipo 900/20	Preço unitário (R\$/pneu)	956,54	0,19
	Preço total (R\$/6 pneus)	5.739,24	
	Duração média (km)	30.000,00	
Custo por quilômetro (R\$)		-	5,37
Custo anual (R\$)		8.592,00	-
Custos fixos			
Reparos	Custo anual (R\$)	10.000,00	-
Seguro	Custo anual (R\$)	3.200,00	-
Custo fixo anual (R\$)		13.200,00	-
Custo total anual (R\$)		21.792,00	-

Tabela 30 – Custo anual de aditivos para tratamento alcalino das fezes.

Aditivo	Unidade	Consumo anual por unidade	Preço por unidade (R\$)	Preço total anual (R\$)
Calcário a granel	Tonelada	205	130,83	26.820,15
Ureia	Saco de 600 kg	14	5.304,29	74.260,06
Total				101.080,21

Em relação ao empacotamento, o preço unitário de embalagens plásticas com dimensões de 30x40 cm, capaz de fracionar o peso de 1 kg, custa R\$ 0,40. Assim, considerando a produção anual biofertilizante sólido, tem-se um custo de R\$ 400.395,20 ao ano. Similarmente, também foi orçado um frasco pet cristal de 1 L com tampa lacre para acondicionamento do biofertilizante líquido produzido. O preço de atacado é de R\$ 1,10 por unidade, totalizando um investimento anual de R\$ 4.749.782,40.

Com referência ao custo pessoal, foram considerados os seguintes empregados: administrador, agente publicitário, analista contábil,

engenheiro sanitarista, faxineira, motorista auxiliar, motorista de caminhão, operador de máquina de embalar, dois operadores industriais e recepcionista. O valor anual total encontrado foi de R\$ 39.004,04 mensal, ou seja, R\$ 468.048,52 ao ano, conforme apresenta o Apêndice C.

Por último, estimou-se o consumo anual de energia elétrica e água, apresentado nas Tabelas 31 e 32.

Tabela 31 – Consumo anual de energia elétrica.

Item	Qtidade	Potência (kW)	Tempo de utilização		Consumo anual (kWh)	Custo anual (R\$)
			(horas)	(dias)		
Ar-condicionado	3	1,0	10	25	9.000	3.510,00
Computador	5	0,3	10	25	4.500	1.755,00
Impressora	1	0,6	4	25	720	280,80
Laboratório	1	2,8	8	25	6.720	2.620,80
Seladora	1	0,6	6	25	1.080	421,20
Total						8.587,80

Tabela 32 - Consumo anual de água.

Item	Quantidade	Consumo diário (m³)	Tempo de utilização (dias)	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)
Funcionários	11	0,05	25	47,78	573,30

5.3.3 Indicadores econômicos

A Tabela 33 apresenta um resumo dos custos de instalação, operação e manutenção, bem como o benefício bruto e líquido de cada sistema.

Tabela 33 - Resumo dos custos e benefícios de ambas as concepções.

Sistema	Custo de instalação (R\$)	Custo de operação e manutenção (R\$/ano)	Benefício bruto (R\$/ano)	Benefício líquido (R\$/ano)
Convencional	3.025.108,87	540.559,09	1.147.895,28	607.336,19
Ecológico	800.115,50	5.750.259,43	6.116.816,88	366.557,45

Com os dados apresentados acima, foi possível o cálculo do Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno, apresentado na Tabela 34.

É válido destacar, no entanto, que um maior nível de detalhamento no projeto executivo do SES convencional permitiria o levantamento de custos adicionais em sua etapa de operação e manutenção, proporcionando uma análise financeira menos subestimada e mais realista.

Tabela 34 - Cálculo de VPL e TIR para ambas as concepções.

Parâmetro	SES Convencional	SES Ecológico
Ano 0	-R\$ 3.025.108,87	-R\$ 800.115,50
Ano 1 ao 20	R\$ 607.336,19	R\$ 366.557,45
Taxa de desconto	15%	15%
VPL	R\$ 776.409,63	R\$ 1.494.289,07
TIR	20%	46%

Pode-se perceber que os dois sistemas apresentaram Valor Presente Líquido superior a R\$ 0 e Taxa Interna Bruta superior à taxa de desconto, atestando a viabilidade econômica de ambos. No entanto, o SES ecológico apresentou maiores índices econômicos, indicando a melhor alternativa de investimento. Assim, nota-se que o fato de a indústria de biofertilizante ter sido inicialmente considerada deficitária não a impede de gerar lucros em um cenário otimista.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu comparar dois sistemas distintos de esgotamento sanitário – o centralizado com rede coletora e o ecológico focado na valorização dos recursos – em relação aos impactos ambientais gerados e a viabilidade econômica.

No quesito ambiental, os dois sistemas avaliados resultaram em impactos positivos na percepção de praticamente todos os especialistas. Contudo, o Ecosan apresentou notas mais elevadas na visão da maioria, destacando-se como a escolha de saneamento mais adequada. O desenvolvimento social e econômico, assim como o aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil, mostram-se como os impactos mais benéficos das concepções avaliadas. Em contrapartida, a geração de odores fétidos foi o impacto nocivo mais recorrente.

Em se tratando do aspecto econômico, ambos os sistemas em questão se mostraram viáveis, já que apresentaram Valor Presente Líquido maior que R\$ 0 e Taxa Interna de Retorno superior à taxa de desconto adotada. No entanto, ao confrontar os dois índices econômicos obtidos para cada cenário, o saneamento ecológico mostrou-se a melhor opção de investimento.

Dessa forma, conclui-se que a segregação das fezes e urina na fonte para produção de biofertilizante, embora ainda apresente empecilhos, tais como substituição de aparelhos sanitários e adequação das instalações intradomiciliares, mostra-se uma boa alternativa com vistas à sustentabilidade ambiental e econômico-financeira.

Vale considerar, também, que o Ecosan necessita de um maior envolvimento e comprometimento da sociedade para mantê-lo e operá-lo. Pode-se dizer, então, que o sucesso do sistema proposto está diretamente associado à sensibilização e conscientização da população.

Por fim, o estudo oferece suporte para a tomada de decisão no momento de optar entre sistemas de esgotamento sanitário centralizado e ecológico, especialmente em novos loteamentos, contribuindo para o avanço da infraestrutura de saneamento básico e, consequentemente, para a melhoria da qualidade de vida e a recuperação do meio ambiente.

7 RECOMENDAÇÕES

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, identificaram-se questões que permitiriam o desenvolvimento de outras pesquisas científicas. Assim, recomenda-se:

- A análise da persistência de micropoluentes nos sistemas de tratamento da urina;
- O estudo dos aspectos de aceitação social relacionado à implantação do SES ecológico;
- A pesquisa para sugestão de uma norma brasileira específica que aborde o reúso das excretas humanas na produção de biofertilizante;
- A avaliação da cobrança tarifária para a coleta dos dejetos humanos;
- A pesquisa de uma ferramenta estratégica de gestão para os titulares do serviço do Ecosan, como alternativa ao Plano de Saneamento Básico;
- A avaliação do impacto ambiental dos sistemas de esgotamento sanitário por um método menos subjetivo;
- A consideração de custos intangíveis para ambos os cenários apresentados;
- A reflexão sobre a simultaneidade entre a coleta de excretas e de resíduos sólidos urbanos;
- A otimização das rotas do veículo coletor dos dejetos humanos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAECING, Maicyla Azzi Paes; FERREIRA, Osmar Mendes. **Serviços de coleta do lixo urbano na região central de Goiânia: Estudo de caso.** Goiânia, jun. 2008. Disponível em: <<http://pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/SERVIÇOS DE COLETA DO LIXO URBANO NA REGIÃO CENTRAL DE GOIÂNIA - ESTUDO DE CASO.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

ÂNGELO, Cláudio Felwisoni; SILVEIRA, José Augusto; FÁVERO, Luiz Paulo. **Finanças no Varejo: Gestão Operacional.** 3. ed. São Paulo: Saint Paul Editora, 2006.

AVICULTURA INDUSTRIAL. **Eliminação de patógenos no esterco através da compostagem.** 2016. Elaborado por Karolina Von Zuben Augusto. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/eliminacao-de-patogenos-no-esterco-atraves-da-compostagem-por-karolina-von-zuben-augusto/20110815-141325-z913>>. Acesso em: 19 maio 2018.

BARROS, Jaíne Medeiros; VASCONCELOS, Giancarlo Ribeiro. **Análise de perdas durante o processo produtivo: Estudo de caso em uma linha de fertilizantes.** Rio Verde: 2016.

BERNARDES, Célio Rezende et al. Operação e manutenção de elevatórias de esgotos com utilização de conjuntos submersos. **Revista DAE**, Vale do Paraíba, p.185-196, 1981. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_126_n_1271.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2018.

BOTTEON, Claudia. **Curso de avaliação socioeconômica e projetos: Indicadores de rentabilidade.** Brasília: Comissão Econômica Para A América Latina e O Caribe - Cepal, 2009. 16 p. Disponível em: <<https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35920/indicadores-portugues.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

BOTTO, Márcio Pessoa. **Utilização da urina humana como biofertilizante para produção de alimentos e energia: caracterização, uso na agricultura e recuperação de nutrientes.** 2013. 271 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará,

Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5158/1/2013_tese_mpbot.to.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979; 8.036, de 11 de maio de 1990; 8.666, de 21 de junho de 1993; 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial da União, 2007.

_____. Resolução CONAMA nº 001 de janeiro de 1986: **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Brasília: Diário Oficial da União, 1986. 4 p.

BRASILEIRO, Luzenira Alves; LACERDA, Márcio Gonçalves. Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em cidades de pequeno porte. In: **SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 6., 2002, Vitória. Vitória: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cndsiet.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

CANTUÁRIA, Gustavo; FORTE, Joana da Cunha; SIMAAN, Lucia Kozak. **Saneamento urbano sustentável: Referências projetuais - ECOSAN.** Universitas: Arquitetura e Comunicação Social. [s. L.], p. 37-47. Jul-dez. 2013.

CARDINALI, C. R. et al. Estudo da precipitação da estruvita na urina humana visando sua utilização como um fertilizante natural. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA**, 49., 2009, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/5/5-515-2147.htm>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

CARVALHO, Diego Lellis de; LIMA, Adriana Villarinho de. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16., 2010. **Anais...** Porto Alegre.

CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUA E SANEAMENTO. **Custos - Rede coletora.** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <laistommasi@gmail.com>. em: 13 maio 2018.

CELESC - CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). **Tarifas.** Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

COSTA, Letícia Magalhães da; SILVA, Martim Francisco de Oliveira e. **A indústria química e o setor de fertilizantes.** [s. L.]: BNDES, [2012]. 60 p. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2025/1/A_industria_quimica_e_o_setor_de_fertilizantes_P_A.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2018.

COSTA, Marcos Vasconcelos et al. Uso das técnicas de avaliação ambiental em estudos realizados no Ceará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO**. 28. Ceará: 2005. p. 1 - 15. Disponível em: <<http://portcom.intercom.org.br/pdfs/154213882760222345151472018846239931712.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

COSTA JÚNIOR, Marcos Antônio Freire da. **Manual de impactos ambientais do saneamento.** Natal: Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte - Caern, 2013. 148 p. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/caern/DOC/DOC00000000017895.PDF>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

CUB/m² (Grande Florianópolis). **Custos Unitários Básicos de Construção.** 2018. Disponível em: <http://sinduscon-fpolis.org.br/MyFiles/CUB2006_2008/2018/abril/CUB2006PlanilhaCompleta_abril2018.pdf>. Acesso em: 08 maio 2018.

DAMATO, Murilo; MACUCO, Paola. Proposta metodológica para avaliação e mitigação de impactos ambientais decorrentes da implantação de obras de saneamento básico. In: **CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**, 28., 2002, Cancún. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-016.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

DANTAS, Felipe von Atzingen et al. Uma análise da situação do saneamento no Brasil. **Facef Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, [s. L.], v. 15, n. 3, p.272-284, set./dez. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/view/File/549/513>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

DEMENIGHI, Alexandre Lima. **Parâmetros projetuais para a implantação de sanitários secos desidratadores com desvio de urina (SSDDU)**. 2012. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106740/316852.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

ECO CONSULTORIA AMBIENTAL. **Sistema de esgoto sanitário de Jacinto Machado**. Jacinto Machado: 2011. 249 p. Disponível em: <<https://contas.tcu.gov.br/etcu/ObterDocumentoSisdoc?seAbrirDocNoBrowser=true&codArqCatalogado=7173248&codPapelTramitavel=51088251>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Preços médios de insumos e fatores de produção pagos pelo produtor**. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=15451>. Acesso em: 08 maio 2018.

ESREY, Steven A. et al. **Closing the loop: Ecological sanitation for food security**. México: Sida - Swedish International Development Cooperation Agency, 2001. 107 p. Disponível em: <http://www.ecosanres.org/pdf_files/closing-the-loop.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

———. **Ecological sanitation**. Estocolmo: Sida - Swedish Development Cooperation Agency, 1998. 94 p. Disponível em: <http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2018.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of Food Insecurity in the World**. [s. L.]: 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofi/2014/en/>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

FEACHEM, Richard G. et al. **Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management: World Bank Studies In Water Supply And Sanitation**, 1983. 501 p. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/704041468740420118/pdf/multi0page.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Londrina: Prosab - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, [2000]. 191 p. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília, 2007. 408 p.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 10. ed. São Paulo: Pearson, [2008]. 361 p.

GOMES, J. B.. **Adubação orgânica na produção de palma forrageira no Cariri Paraibano**. 2011. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

HERINGER. **Mercado Brasileiro de Fertilizantes**. Disponível em: <http://www.heringer.com.br/heringer/web/conteudo_pti.asp?idioma=0&tipo=29504&img=2306&conta=45#2>. Acesso em: 07 fev. 2018.

HÖGLUND, Caroline; ASHBOLT, Nicholas; STENSTRÖM, Thor Axel. Microbial risk assessment of source-separated urine used in agriculture. **Waste Management & Research**. [s. L.], p. 150-161. maio 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/11315081_Microbial_risk_assessment_of_source-separated_urine_used_in_agriculture>. Acesso em: 20 fev. 2018.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Avaliação de impacto ambiental: Agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília: 1995. 134 p. Disponível em: <<http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/02/AIA.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**, 1991.

_____. **Censo demográfico**, 2000.

_____. **Censo demográfico**, 2000.

_____. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2017**. 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 28 jun. 2018.

IFA – INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION; UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente**. [s. L.]: 2000. 63 p. Tradução: ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/fertilizantes_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico**: Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. 2012. 62 p. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

IPNI – INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Fertilizantes**. [2017]. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

_____. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. 177 p. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual Internacional de Fertilidade do Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2018.

JACINTO MACHADO. Lei nº 601 de 29 de dezembro de 2010. **Institui o Plano Diretor Municipal, estabelece objetivos, diretrizes e instrumentos para as ações de planejamento no município de Jacinto Machado e dá outras providências**. Jacinto Machado, 2010.

JENKINS, Joseph. **The humanure handbook**: A guide to composting human manure. 3. ed. Grove City: 2005. 255 p. Disponível em: <http://www.weblife.org/humanure/pdf/humanure_handbook_third_edition.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

KIPERSTOK, Asher; NASCIMENTO, Francisco Ramon Alves do; KIPERSTOK, Alice Costa. O tratamento em separado da urina e das fezes é uma solução viável ou uma utopia? **DAE**, [s. L], p.38-43, maio 2010. Disponível em: <http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art100.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

KRAMER, Sasha (Org.). **The SOIL Guide to Ecological Sanitation**. [s. L]: 2011. 144 p. Disponível em: <<http://www.oursoil.org/wp-content/uploads/2015/07/Complete-Guide-PDF.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

KUJAWA-ROELEVELD, Katarzyna; ZEEMAN, Grietje. Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. **Reviews In Environmental Science And Bio/technology**, [s. L.], v. 222, n. 5, p.115-139, 2006. Disponível em: <<http://edepot.wur.nl/37177>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

LA ROVERE, Emílio Lebre. **Metodologia de avaliação e impacto ambiental**: Instrumento de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, Cerrado e Pantanal - Demandas e propostas. Brasília: Ibama, 2001. 49 p. Disponível em: <<https://guilhardes.files.wordpress.com/2009/10/aia.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

LARSEN, Tove A. et al. The toilet for sustainable wastewater management. **Environmental Science & Technology**, [s. L.], v. 35, n. 9, p.192-197, 01 maio 2001. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es012328d>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

LIBRALATO, Giovanni; GHIRARDINI, Annamaria Volpi; AVEZZU, Francisco. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal Of Environmental Management**. Veneza, p. 61-68. fev. 2012.

LIND, Bo-bertil; BAN, Zsófia; BYDÉN, Stefan. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. **Elsevier**, Göteborg, v. 16, n. 4, p.561-566, fev. 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857400001075>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

LOURO, Cristiana Alves de Lima; JÚNIOR, Isaac Volschan. Sustentabilidade ambiental: Estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para redução dos impactos da indústria de fertilizantes e do lançamento de excretas no ambiente. In: **CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, 7., 2011, Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0361_2055.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

LUCENA, Andréia Freire de. As políticas públicas de saneamento básico no Brasil: Reformas institucionais e investimentos governamentais. **Plurais**, [s. L.], v. 1, n. 4, p.113-130, 2006. Disponível em: <<http://www.nee.ueg.br/seer/index.php/revistaplurais/issue/current>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

MAGRI, Maria Elisa. **Processos de estabilização e higienização de fezes e urina humanas para aplicação em banheiros secos segregadores**. 2013. 194 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MAGRI, Maria Elisa et al. Avaliação de um modelo de banheiro seco separador e processos de tratamento de fezes e urina. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 28., 2015, Rio de Janeiro. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p. 1 - 10.

MANSUR, Gilson Leite; MONTEIRO, José Henrique R. Penido. **Cartilha de limpeza pública**. [s. L.]: CPU - Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do IBAM, 1992. 81 p. Disponível em: <http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/cartilha_limpeza_urb.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2018

MARICATO, Ermínia. **Política habitacional no regime militar**: Do milagre brasileiro à crise econômica. Petrópolis: Vozes Ltda, 1987. 46 p. Disponível em: <https://erminiamaricato.files.wordpress.com/2012/09/pol_hab_reg_militar_parte1.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2018.

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal Of Environmental Management**. Beirut, p. 652-659. jan. 2009. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/252109535/Decentralized-Approaches-to-wastewater-treatment>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

MEDINA, Daniele Samorano et al. Utilização das técnicas TIR e VPL como análise de investimento: Um estudo de caso numa empresa do ramo de autopeças. In: **CONGRESSO DE ADMINISTRAÇÃO DO SUL DE MATO GROSSO**, 3., 2015, Rondonópolis: UFMT, 2015. p. 1 - 20. Disponível em: <<http://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/CONASUM/2015/paper/viewFile/10/5>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: 2013. 172 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Fertilizantes orgânicos: Usos, legislação e métodos de análise**. 96. ed. Lavras: Editora Ufla, 2014. 90 p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Programa de Aceleração de Crescimento**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

MORE – MECANISMO ONLINE PARA REFERÊNCIAS. Florianópolis: **UFSC Rexlab**, 2013. Disponível em: <<http://www.more.ufsc.br/>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

MPF - MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Portal de Transparência**. Disponível em:

<http://apps.mpf.mp.br/apex/f?p=111:109:::NO::P109_ID_CONTRATO:5544>. Acesso em: 08 maio 2018.

NIWAGABA, Charles. **Human Excreta Treatment Technologies – prerequisites, constraints and performance**. 2007. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Department Of Biometry And Engineering, Swedish University Of Agricultural Sciences, Estocolmo, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/253275382_Human_Excreta_Treatment_Technologies_-_prerequisites_constraints_and_performance>. Acesso em: 08 fev. 2018.

NIWAGABA, Charles et al. Incineration of Faecal Matter for Treatment and Sanitation. **Water Practice And Technology**, [s. L.], v. 1, n. 2, jun. 2006.

NOUR, Edson Aparecido Abdul et al. Gerenciamento de Águas Negras e Amarelas. In: PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. Vitória: 2006. p. 223-265. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2018.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 565 p.

OTTERPOHL, Ralf. Black, Brown, Yellow, Grey—The New Colors of Sanitation. **Magazine Of The International Water Association**, [s. L.], p.37-41, out. 2001.

OTTERPOHL, Ralf; GERMANY, Hamburg. Design of highly efficient Source Control Sanitation and practical Experiences. **Euro-summer School Desar**, Wageningen, jun. 2000. Disponível em: <<https://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/susan/downloads/desar.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

OTTERPOHL, Ralf; GROTTKER, Matthias; LANGE, Jord. Sustainable water and peri-urban areas. **Water Science And Technology**, [s. L.], v. 35, n. 9, p.121-133, 1997.

PEREIRA, Djaverth Arthur Schrippe et al. Estudo da viabilidade de investimento em uma indústria de confecções: Utilização das técnicas VLP, TIR, payback descontado e índice de lucratividade. In: **CONGRESSO DE ADMINISTRAÇÃO DO SUL DE MATO GROSSO**, 4., 2016, [s.L.]: UFMT, 2016. p. 1 - 17. Disponível em: <<http://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/CONASUM/IV-Conasum/paper/viewFile/778/285>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

PEREIRA, Warley Augusto; ALMEIDA, Lindomar da Silva. **Método manual para cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)**. [s. L.]: [2007], 13 p. Disponível em: <<http://home.ufam.edu.br/andersonlfc/MacroI/MetodoManualTIR.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

PHILIPPI, Luiz Sérgio. Saneamento descentralizado: Instrumento para o desenvolvimento sustentável. In: **SILUBESA - Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 9. Porto Seguro, p. 1833-1841. abr. 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267973877_SANEAMENTO_DESCENTRALIZADO_INSTRUMENTO_PARA_O_DESENVOLVIMENTO_SUSTENTAVEL>. Acesso em: 04 fev. 2018.

PHILIPPI, L. S.; OLJNYK, D. P.; MAGRI, M. E. Arranjos tecnológicos para o tratamento descentralizado de esgotos sanitários. In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL - ECOSANLAC: “Seguridade Alimentar e Hídrica para América Latina”**. 1, **Anais...** Fortaleza, 2007. 8 p.

PLANEJAMENTO. **O que é uma empresa estatal dependente?** 2015. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/servicos/faq/governanca-das-empresas-estatais/visao-geral-das-empresas-estatais/o-que-e-empresa-estatal-dependente>>. Acesso em: 03 maio 2018.

RAUNCH, Wolfgang et al. Combining urine separation with waste design: An analysis using a stochastic model for urine production. **Water Research**, [s. L.], v. 37, n. 9, p.681-689, 2003.

RAVADELLI, Marcio. **Modelos e construção de redes de esgotos**. [s. L.]: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, 2004. 33 p.

REALI, Marco Antônio Penalva et al. **Instalações prediais de água fria**. São Carlos: 2002. 62 p. Disponível em: <<http://www.civilnet.com.br/Files/Hidra/APOSTILAdePrediaisnova.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2018.

REBOUÇAS, Thais Cardinalli. **Estabilização e higienização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp146941.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

REBOUÇAS, T. C.; BIANCHI, G.; GONÇALVES, R. F. Caracterização de águas residuárias de origem residencial. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL: SEGURANÇA ALIMENTAR E HÍDRICA PARA A AMÉRICA LATINA., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2007.

SALÁRIO. **Tabela salarial**. Disponível em: <<https://www.salario.com.br/tabela-salarial/>>. Acesso em: 08 maio 2018.

SANTOS, Edno Oliveira dos. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SANTOS, Rubens Francisco dos et al. Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, [s. L.], p.35-44, abr. 2015. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Abordagem-descentralizada-para-concepção-de-sistemas-de-tratamento-de-esgoto-doméstico.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

SCHÖNNING, Caroline; STENSTRÖM, Thor Axel. **Diretrizes para o Uso Seguro de Urina e Fezes nos Sistemas de Saneamento Ecológico**. Estocolmo: Stockholm Environment Institute, 2004. 44 p. Disponível em: <http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2004-1-portuguese.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

SECCHI, Leonardo. **Políticas públicas**: Conceitos, esquemas de análise, casos práticos. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

SILVA, Cesar A. da. **Estudo de impactos ambientais**. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011. 124 p. Disponível em: <http://proedu.ifce.edu.br/bitstream/handle/123456789/427/Estudo_de_Impactos_Ambientais.pdf?sequence=>>. Acesso em: 04 fev. 2018.

SILVA, J. J. R. Frausto da; WILLIAMS, R. J. P. **The biological chemistry of the elements**: The inorganic chemistry of life. Oxford: 1997.

SIQUEIRA, Joésio D. P. et al. **Curso de EIA/RIMA**: Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental. Curitiba: Centro de Excelência em Meio Ambiente e Energia, 2007. 127 p. Disponível em: <http://www.pos.ajes.edu.br/arquivos/referencial_20120820180104.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2018.

SMITH, Richard Eilers. **Avaliação de um banheiro seco com vaso segregador em Florianópolis, SC**. 2015. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159418>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2010**. Brasília: Ministério das Cidades, 2012. 448 p. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0502/impressos/plc0502_extra_MinCidades_DiagnosticoSaneamento_AE2010.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2018.

_____. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2014**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016. 212 p. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/Diagnostico_AE2014.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2018.

URUGUAIANA. PREFEITURA MUNICIPAL DE URUGUAIANA. (Org.). **PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico**. Uruguaiana, 2014. 274 p. Disponível em: <http://www.uruguaiana.rs.gov.br/pmu_novo/admin/files/leisdecretos/de_c540-2014-pmsb.pdf>. Acesso em: 27 maio 2018.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.** [s. L.], p. 59-85. 2 abr. 2009. Disponível em: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

VINNERÅS, Björn. **Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine.** 2002. 88 f. Tese (Doutorado) - Department Of Agricultural Engineering, Swedish University Of Agricultural Sciences, [s. L.], 2002. Disponível em: <<https://pub.epsilon.slu.se/332/>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. 234 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** 3. ed. Geneva: 2004. 540 p. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

_____. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater:** Excreta and greywater use in agriculture. [s. L.]: 2006. 204 p. 4 v.

ZANCHETA, Priscilla Garozi. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** 2007. 83 f. Dissertação (Pós-graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_2648_Microsoft Word - Priscilla.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

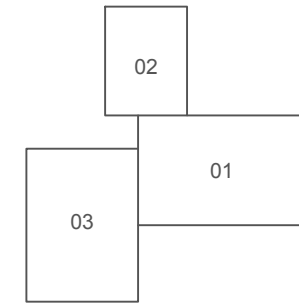
**APÊNDICE A – Itinerário do veículo transportador para
coleta de excretas**

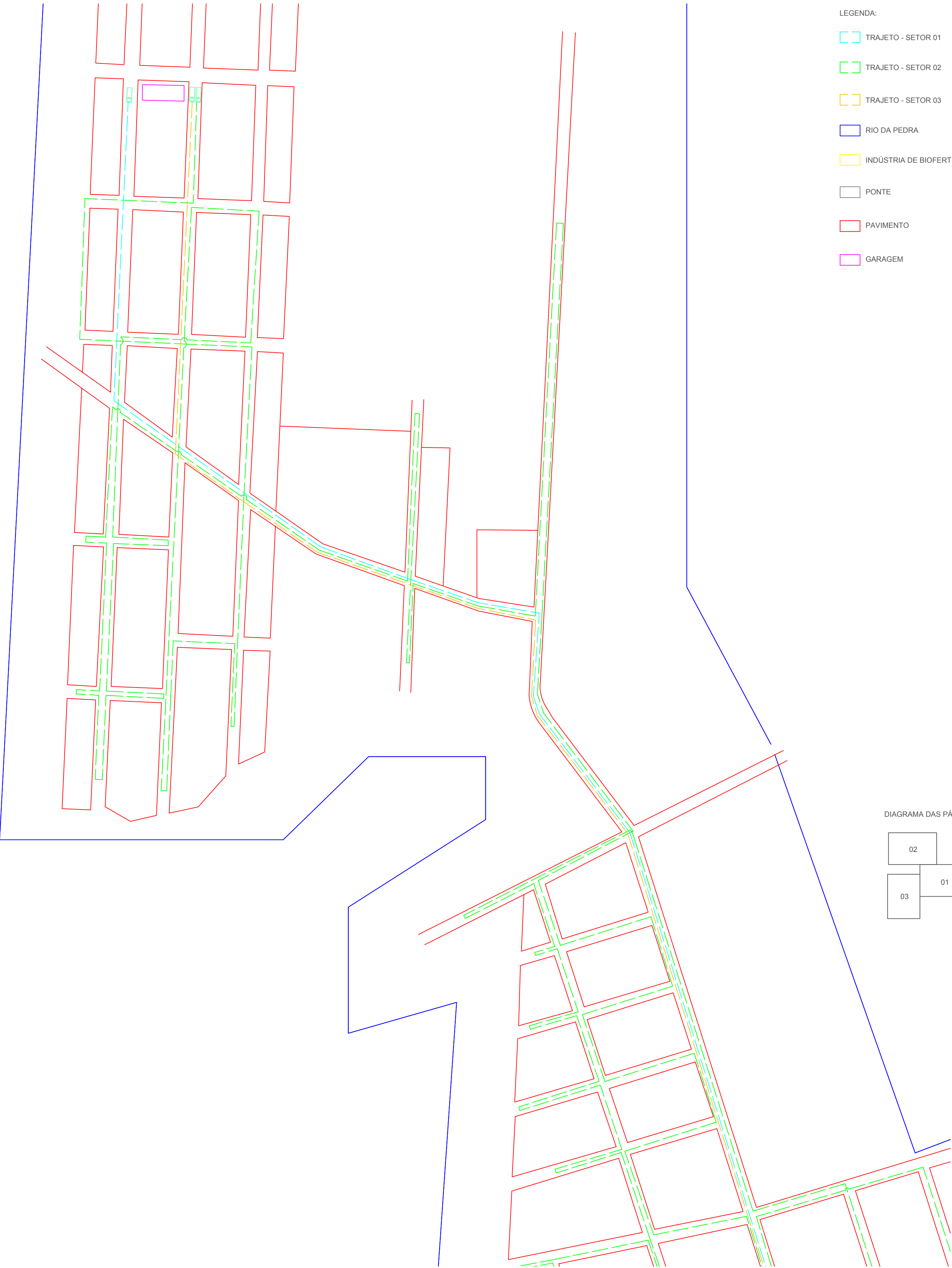


LEGENDA:

- TRAJETO - SETOR 01
- TRAJETO - SETOR 02
- TRAJETO - SETOR 03
- RIO DA PEDRA
- INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTE
- PONTE
- PAVIMENTO
- GARAGEM

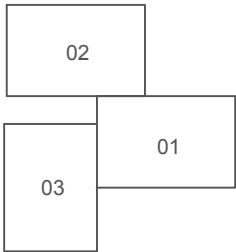
DIAGRAMA DAS PÁGINAS:





- LEGENDA:
- TRAJETO - SETOR 01
 - TRAJETO - SETOR 02
 - TRAJETO - SETOR 03
 - RIO DA PEDRA
 - INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTE
 - PONTE
 - PAVIMENTO
 - GARAGEM

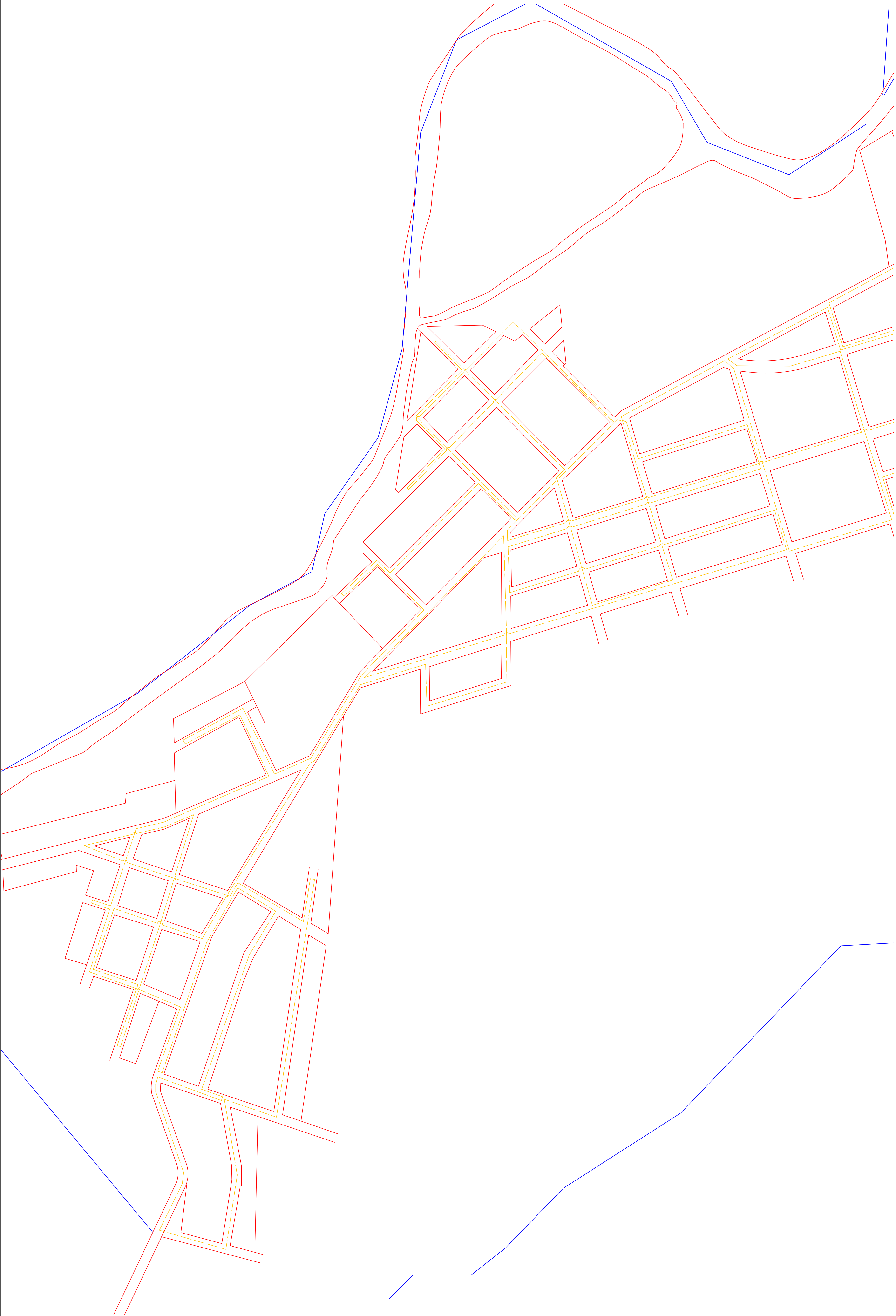
DIAGRAMA DAS PÁGINAS:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

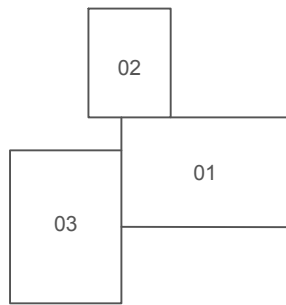


TÍTULO:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ITINERÁRIO DO CAMINHÃO PARA COLETA DE EXCRETAS	LAÍS TOMMASI MARCON
LOCAL:	FOLHA:
JACINTO MACHADO	A2
REVISOR:	PÁGINA:
MARIA ELISA MAGRI	02/03
DATA:	ESCALA:
MARÇO - 2018	1:12000



- LEGENDA:
- TRAJETO - SETOR 01
 - TRAJETO - SETOR 02
 - TRAJETO - SETOR 03
 - RIO DA PEDRA
 - INDÚSTRIA DE BIOFERTILIZANTE
 - PONTE
 - PAVIMENTO
 - GARAGEM

DIAGRAMA DAS PÁGINAS:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



TÍTULO:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:
ITINERÁRIO DO CAMINHÃO PARA COLETA DE EXCRETAS	LAÍS TOMMASI MARCON
LOCAL:	FOLHA:
JACINTO MACHADO	A1
REVISOR:	PÁGINA:
MARIA ELISA MAGRI	03/03
DATA:	ESCALA:
MARÇO - 2018	1:12000

APÊNDICE B – Matriz de impacto ambiental

MATRIZ DE INTERAÇÃO						
IMPACTOS PROGNOSTICADOS	ATRIBUTOS QUALIFICATIVOS					IMP
	Ca	I	Co	D	R	
Poluição visual (alteração da paisagem natural)						
Poluição hídrica (contaminação da água superficial e subterrânea)						
Danos à saúde e bem-estar (acidentes diversos a trabalhadores e a terceiros, doenças respiratórias, etc.)						
Incêndios						
Perturbação da população local (por ruídos e vibrações de obras, etc.)						
Geração de entulhos (materiais de construção)						
Poluição atmosférica (poeiras, fuligens e fumaças)						
Proliferação de pragas e vetores de doenças						
Movimentação de terra (terraplanagem, escavações e abertura de acessos e valas)						
Degradação do solo (perda e alteração da estrutura de solo pelo uso das máquinas)						
Instabilidade de terrenos e taludes (deslizamento)						
Inundações (alagamento)						
Geração de efluentes sanitários						
Interferências em equipamentos urbanos (postes de iluminação pública, placas de sinalização, calçadas, ruas e estradas)						
Geração de resíduos sólidos						
Obras de instalação e manutenção (instalação de canteiro de obras)						
Geração de odores fétidos						
Aumento do tráfego de veículos						
Geração de emprego e renda						
Promoção da saúde, bem-estar e justiça social						
Incrementos nas finanças públicas						
Desenvolvimento social e econômico (melhoria das condições de vida de uma comunidade, aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos, etc.)						
Controle e prevenção de doenças						
Limpeza pública (tratamento eficiente dos efluentes, etc.)						
Aumento da expectativa de vida e redução da mortalidade infantil						
Geração de expectativa (dúvidas em relação a interferências ambientais nas áreas naturais e espaço construído por parte de órgãos ambientais e da população em geral, etc.)						
Aumento do afluxo populacional						
Incremento das atividades de comércio e serviços (hotelaria, alimentação, lazer, transportes, etc.)						
IMPACTO TOTAL						

APÊNDICE C – Custo pessoal do sistema de esgotamento sanitário ecológico

	Percentual ou valor de referência	Administrador	Agente publicitário	Analista contábil	Engenheiro sanitarista	Faxineira	Motorista auxiliar	Motorista de caminhão	Operador de máquina de embalar	Operadores industriais (2x)	Recepcionista
MÓDULO 1: COMPOSIÇÃO DA REMUNERAÇÃO											
1 - Composição da remuneração											
A - Salário base	-	R\$ 2.791,93	R\$ 2.297,48	R\$ 2.759,37	R\$ 5.187,26	R\$ 954,00	R\$ 1.085,81	R\$ 1.239,79	R\$ 954,00	R\$ 1.041,87	R\$ 954,00
B - Adicional de periculosidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C - Adicional insalubridade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D - Adicional noturno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E - Hora noturna adicional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F - Adicional de hora extra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G - Intervalo intrajornada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H - Comissão de encarregada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total da remuneração	-	R\$ 2.791,93	R\$ 2.297,48	R\$ 2.759,37	R\$ 5.187,26	R\$ 954,00	R\$ 1.085,81	R\$ 1.239,79	R\$ 954,00	R\$ 1.041,87	R\$ 954,00
MÓDULO 2: BENEFÍCIOS MENSAIS E DIÁRIOS											
2 - Benefícios mensais e diários											
A - Transporte	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90	R\$ 3,90
B - Auxílio alimentação CL 13	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75	R\$ 12,75
C - Assistência média CL 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D - Assistência social familiar CL 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E - Assiduidade pago em forma de vale alimento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F - Fundo de formação profissional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total dos benefícios mensais e diários	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65	R\$ 16,65
MÓDULO 3: INSUMOS DIVERSOS											
3 - Insumos diversos											
A - Uniformes	R\$ 160,00	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33
B - Materiais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C - Equipamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D - Manutenção e depreciação de equipamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E - Outros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de insumos diversos	R\$ 160,00	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 13,33
MÓDULO 4: ENCARGOS SOCIAIS E TRABALHISTAS											
Submódulo 4.1 - Encargos previdenciários e FGTS											
4.1 - Encargos previdenciários e FGTS											
A - INSS	20,000%	R\$ 558,39	R\$ 459,50	R\$ 551,87	R\$ 1.037,45	R\$ 190,80	R\$ 217,16	R\$ 247,96	R\$ 190,80	R\$ 208,37	R\$ 190,80
B - SESI ou SECS	1,500%	R\$ 41,88	R\$ 34,46	R\$ 41,39	R\$ 77,81	R\$ 14,31	R\$ 16,29	R\$ 18,60	R\$ 14,31	R\$ 15,63	R\$ 14,31
C - SENAI ou SENAC	1,000%	R\$ 27,92	R\$ 22,97	R\$ 27,59	R\$ 51,87	R\$ 9,54	R\$ 10,86	R\$ 12,40	R\$ 9,54	R\$ 10,42	R\$ 9,54
D - INCRA	0,200%	R\$ 5,58	R\$ 4,59	R\$ 5,52	R\$ 10,37	R\$ 1,91	R\$ 2,17	R\$ 2,48	R\$ 1,91	R\$ 2,08	R\$ 1,91
E - Salário educação	2,500%	R\$ 69,80	R\$ 57,44	R\$ 68,98	R\$ 129,68	R\$ 23,85	R\$ 27,15	R\$ 30,99	R\$ 23,85	R\$ 26,05	R\$ 23,85
F - FGTS	8,000%	R\$ 223,35	R\$ 183,80	R\$ 220,75	R\$ 414,98	R\$ 76,32	R\$ 86,86	R\$ 99,18	R\$ 76,32	R\$ 83,35	R\$ 76,32
G - Seguro de acidente de trabalho	3,000%	R\$ 83,76	R\$ 68,92	R\$ 82,78	R\$ 155,62	R\$ 28,62	R\$ 32,57	R\$ 37,19	R\$ 28,62	R\$ 31,26	R\$ 28,62
H - SEBRAE	0,600%	R\$ 16,75	R\$ 13,78	R\$ 16,56	R\$ 31,12	R\$ 5,72	R\$ 6,51	R\$ 7,44	R\$ 5,72	R\$ 6,25	R\$ 5,72
Total de encargos previdenciários e FGTS	36,800%	R\$ 1.027,43	R\$ 845,47	R\$ 1.015,45	R\$ 1.908,91	R\$ 351,07	R\$ 399,58	R\$ 456,24	R\$ 351,07	R\$ 383,41	R\$ 351,07
Submódulo 4.2 - 13º salário e adicional de férias											
A - 13º salário	8,330%	R\$ 232,57	R\$ 191,38	R\$ 229,86	R\$ 432,10	R\$ 79,47	R\$ 90,45	R\$ 103,27	R\$ 79,47	R\$ 86,79	R\$ 79,47
B - Adicional de férias	2,780%	R\$ 77,62	R\$ 63,87	R\$ 76,71	R\$ 144,21	R\$ 26,52	R\$ 30,19	R\$ 34,47	R\$ 26,52	R\$ 28,96	R\$ 26,52

C - Incidência do submódulo 4.1 sobre afastamento maternidade	4,090%	R\$ 114,19	R\$ 93,97	R\$ 112,86	R\$ 212,16	R\$ 39,02	R\$ 44,41	R\$ 50,71	R\$ 39,02	R\$ 42,61	R\$ 39,02
Total de 13º salário e adicional de férias	15,200%	R\$ 424,37	R\$ 349,22	R\$ 419,42	R\$ 788,46	R\$ 145,01	R\$ 165,04	R\$ 188,45	R\$ 145,01	R\$ 158,36	R\$ 145,01
Submódulo 4.3 - Afastamento maternidade											
4.3 - Afastamento maternidade											
A - Afastamento maternidade	0,003%	R\$ 0,09	R\$ 0,07	R\$ 0,09	R\$ 0,17	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,04	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,03
B - Incidência do submódulo 4.1 sobre afastamento maternidade	0,001%	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,06	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
Total de afastamento maternidade	0,004%	R\$ 0,12	R\$ 0,10	R\$ 0,12	R\$ 0,23	R\$ 0,04	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,04	R\$ 0,05	R\$ 0,04
Submódulo 4.4 - Provisão para rescisão											
4.4 - Provisão para rescisão											
A - Aviso prévio indenizado	0,420%	R\$ 11,73	R\$ 9,65	R\$ 11,59	R\$ 21,79	R\$ 4,01	R\$ 4,56	R\$ 5,21	R\$ 4,01	R\$ 4,38	R\$ 4,01
B - Incidência do FGTS sobre aviso prévio indenizado	0,030%	R\$ 0,84	R\$ 0,69	R\$ 0,83	R\$ 1,56	R\$ 0,29	R\$ 0,33	R\$ 0,37	R\$ 0,29	R\$ 0,31	R\$ 0,29
C - Multa do FGTS do aviso prévio indenizado	0,020%	R\$ 0,56	R\$ 0,46	R\$ 0,55	R\$ 1,04	R\$ 0,19	R\$ 0,22	R\$ 0,25	R\$ 0,19	R\$ 0,21	R\$ 0,19
D - Aviso prévio trabalhado	0,040%	R\$ 1,12	R\$ 0,92	R\$ 1,10	R\$ 2,07	R\$ 0,38	R\$ 0,43	R\$ 0,50	R\$ 0,38	R\$ 0,42	R\$ 0,38
E - Incidência so submódulo 4.1 sobre o aviso prévio trabalhado	0,010%	R\$ 0,28	R\$ 0,23	R\$ 0,28	R\$ 0,52	R\$ 0,10	R\$ 0,11	R\$ 0,12	R\$ 0,10	R\$ 0,10	R\$ 0,10
F - Multa do FGTS nas rescisões sem justa causa	1,000%	R\$ 27,92	R\$ 22,97	R\$ 27,59	R\$ 51,87	R\$ 9,54	R\$ 10,86	R\$ 12,40	R\$ 9,54	R\$ 10,42	R\$ 9,54
Total de provisão para rescisão	1,520%	R\$ 42,44	R\$ 34,92	R\$ 41,94	R\$ 78,85	R\$ 14,50	R\$ 16,50	R\$ 18,84	R\$ 14,50	R\$ 15,84	R\$ 14,50
Submódulo 4.5 - Custo de reposição do profissional ausente											
4.5 - Composição do custo de reposição do profissional ausente											
A - Férias	8,330%	R\$ 232,57	R\$ 191,38	R\$ 229,86	R\$ 432,10	R\$ 79,47	R\$ 90,45	R\$ 103,27	R\$ 79,47	R\$ 86,79	R\$ 79,47
B - Ausência por doença	1,660%	R\$ 46,35	R\$ 38,14	R\$ 45,81	R\$ 86,11	R\$ 15,84	R\$ 18,02	R\$ 20,58	R\$ 15,84	R\$ 17,30	R\$ 15,84
C - Licença paternidade	0,020%	R\$ 0,56	R\$ 0,46	R\$ 0,55	R\$ 1,04	R\$ 0,19	R\$ 0,22	R\$ 0,25	R\$ 0,19	R\$ 0,21	R\$ 0,19
D - Ausências legais	0,730%	R\$ 20,38	R\$ 16,77	R\$ 20,14	R\$ 37,87	R\$ 6,96	R\$ 7,93	R\$ 9,05	R\$ 6,96	R\$ 7,61	R\$ 6,96
E - Ausência por acidente de trabalho	0,030%	R\$ 0,84	R\$ 0,69	R\$ 0,83	R\$ 1,56	R\$ 0,29	R\$ 0,33	R\$ 0,37	R\$ 0,29	R\$ 0,31	R\$ 0,29
F - Outros (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G - Incidência do submódulo 4.1 sobre o custo de reposição do profissional ausente	3,960%	R\$ 110,56	R\$ 90,98	R\$ 109,27	R\$ 205,42	R\$ 37,78	R\$ 43,00	R\$ 49,10	R\$ 37,78	R\$ 41,26	R\$ 37,78
Total dos custos de reposição do profissional ausente	14,730%	R\$ 411,25	R\$ 338,42	R\$ 406,46	R\$ 764,08	R\$ 140,52	R\$ 159,94	R\$ 182,62	R\$ 140,52	R\$ 153,47	R\$ 140,52
MÓDULO 5: CUSTOS INDIRETOS, TRIBUTOS E LUCRO											
5 - Custos indiretos, tributos e lucro											
A - Custos indiretos	3,000%	R\$ 83,76	R\$ 68,92	R\$ 82,78	R\$ 155,62	R\$ 28,62	R\$ 32,57	R\$ 37,19	R\$ 28,62	R\$ 31,26	R\$ 28,62
B - Lucro	5,890%	R\$ 164,44	R\$ 135,32	R\$ 162,53	R\$ 305,53	R\$ 56,19	R\$ 63,95	R\$ 73,02	R\$ 56,19	R\$ 61,37	R\$ 56,19
C - Tributos	6,650%	R\$ 185,66	R\$ 152,78	R\$ 183,50	R\$ 344,95	R\$ 63,44	R\$ 72,21	R\$ 82,45	R\$ 63,44	R\$ 69,28	R\$ 63,44
C.1 - Tributos federais (PIS e COFINS)	3,650%	R\$ 101,91	R\$ 83,86	R\$ 100,72	R\$ 189,33	R\$ 34,82	R\$ 39,63	R\$ 45,25	R\$ 34,82	R\$ 38,03	R\$ 34,82
C.2 - Tibutos estaduais (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.3 - Tributos municipais (ISS)	3,000%	R\$ 83,76	R\$ 68,92	R\$ 82,78	R\$ 155,62	R\$ 28,62	R\$ 32,57	R\$ 37,19	R\$ 28,62	R\$ 31,26	R\$ 28,62
C.4 - Outros tributos (especificar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total dos custos indiretos, tributos e lucro	22,190%	R\$ 619,53	R\$ 509,81	R\$ 612,30	R\$ 1.151,05	R\$ 211,69	R\$ 240,94	R\$ 275,11	R\$ 211,69	R\$ 231,19	R\$ 211,69
Valor por empregado	-	R\$ 5.347,05	R\$ 4.405,40	R\$ 5.285,05	R\$ 9.908,83	R\$ 1.846,82	R\$ 2.097,84	R\$ 2.391,09	R\$ 1.846,82	R\$ 2.014,16	R\$ 1.846,82
Valor total mensal											R\$ 39.004,04
Valor total anual											R\$ 468.048,52

Fonte: Elaborada pela autora.

ANEXO A - Agentes patogênicos possíveis de serem encontrados nas fezes

Grupo	Patógeno	Doença - Sintomas
Bactéria	<i>Aeromonas</i> spp.	Enterite
	<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	Campilobacteriose - diarreia, cãibra, dor abdominal, febre, náuseas, artrite, síndrome de Guillain-Barré
	<i>Escherichia coli</i>	Enterite
	<i>Pleisiomonas shigelloides</i>	Enterite
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacteriemia, infecções da pele, otite, meningite, pneumonia
	<i>Salmonella typhi/paratyphi</i>	Febre tifóide e febre paratifóide – dor de cabeça, febre, mal-estar geral, anorexia, bradicardia, esplenomegalia, tosse
	<i>Salmonella</i> spp.	Salmonelose - diarreia, febre, cãibras abdominais
	<i>Shigella</i> spp.	Shigellosis - desenteria (diarreia sangüinea), vômitos, cãibras, febre, síndrome de Reiter
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera – diarreia aquosa, grave e fatal se não recebem tratamento
Vírus	<i>Yersinia</i> spp.	Yersinioses - febre, dor abdominal, diarreia, dores nas articulações, erupção
	Adenovirus	Vários; doença respiratória
	<i>Enteric adenovirus</i> 40 e 41	Enterite
	Astrovirus	Enterite
	Calicivirus (incl. Noroviruses)	Enterite
	<i>Coxsackievirus</i>	Vários; doença respiratória; enterite; meningite viral
	Echovirus	Meningite asséptica; encefalite; freqüentemente assintomática
	Enterovirus tipos 68-71	Meningite; encefalite; paralisia
	Hepatitis A	Hepatite – febre, mal-estar geral, anorexia, náuseas, desconforto abdominal, icterícia
	Hepatitis E	Hepatite

	Poliovirus	Poliomielite – frequentemente assintomática, febre, náuseas, vômitos, dor de cabeça, paralisia
	Rotavirus	Enterite
Protozoários	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Criptosporidíase - diarreia aquosa, câimbras abdominais e dor
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Freqüentemente assintomático; diarreia; dor abdominal
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase – frequentemente assintomática, desenteria, desconforto abdominal, febre, calafrios
	<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiase - diarreia, câimbras abdominais, mal-estar, perda de peso
Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Em geral, poucos ou nenhum sintoma; chiado no peito, tosse, febre, enterite; eosinofilia pulmonar
	<i>Trichuris trichiura</i>	Desde vago desconforto do trato digestivo ao emagrecimento até pele seca e diarreia
	<i>Ancylostoma</i>	Coceira, erupção, tosse, anemia, deficiência de proteínas

Fonte: Adaptado de Schönning e Stenström (2004).